

Joonas Ranta-Korpi

Selvitys tiivisteöljystä LCF-reaktoreiden kierrätyspumpuille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

28.2.2014

Tekijä(t) Otsikko	Joonas Ranta-Korpi Selvitys tiivisteöljystä LCF-reaktoreiden kierrätyspumpuille
Sivumäärä Aika	62 sivua + 8 liitettä 28.2.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Jarkko Männynsalo Käyttöinsinööri Antti Tankka
<p>Insinööriyössä selvitettiin tiivisteöljy LCF-reaktoreiden kierrätyspumpuille. LCF-yksikkö sijaitsee Neste Oilin Porvoon öljynjalostamon tuotantolinja 4:llä. Tavoitteena oli löytää taloudellisesti kannattavampi tiivisteöljy verrattuna käytössä olevaan perusöljy-yksikön prosessiöljyyn, josta tehdään voiteluaineita. Vaihdon edellytyksenä on, että se ei vaikuta negatiivisesti kierrätyspumppun käytettävyyteen. Prosessiöljyn maailmanmarkkinahinta on aika ajoin hyvin korkea ja myymällä kierrätyspumpuille syötettävä öljymäärä ulospäin yrityksestä, saavutetaan vuositason huomattava taloudellinen hyöty.</p> <p>Reaktorin kierrätyspumppu on yksittäisvaiheinen hajotintyyppinen pumppu. Pumpun käyttövoimana toimii integraalinen öljyllä täytetty sisäinen sähkömoottori, lisäksi pumppuun on integroitu jäähdytin. Pumppu toimii korkean paineen ja lämpötilan alaisena kierrättäen öljyä reaktorissa. Kierrätyspumpuille syötettävän tiivisteöljyn tehtävänä on moottorin käämityksestä syntyvän sekä reaktorista johtuvan lämmön poistaminen, laakerien voitelu sekä mekaanisen tiivisteiden tiivistäminen. Näistä tehtävistä johtuen läpilyöntilujuus täytyy olla korkea ja siihen vaikuttava kosteuspitoisuus matala, voitelun takia viskositeetti on myös tärkeä tekijä.</p> <p>Selvityksessä olevien öljyjen soveltuvuutta tiivisteöljyksi ei voida kokeilemalla tutkia, vaan soveltuvuutta tutkittiin analysointijaksolla. Syynä kierrätyspumppujen kriittisyysluokitus ja jos tiivisteöljy aiheuttaa vahinkoa kierrätyspumpuille, aiheutuu siitä tuotantolinja 4:n alasajon myötä merkittävät tuotantotappiot. Öljyille tehtävät analyysit valittiin pumppuvalmistajan ilmoittamien ominaisuuksien mukaan. Tärkeimmät ominaisuudet olivat läpilyöntilujuus, kosteuspitoisuus, viskositeetti, rikki- ja kuparipitoisuus, kuparikorrosio ja tiheys. Saatua tuloksia verrattiin pumppuvalmistajan ilmoittamiin laatuvaatimuksiin. Parhaan vaihdosta saatavan taloudellisen hyödyn laskemiseksi selvitettiin selvityksessä mukana olleiden öljyjen hinnat.</p> <p>Tuloksista havaittiin KAKTKLCF&KAKTRLCF-jakeen olevan taloudellisesti kannattavin vaihtoehto kierrätyspumppun tiivisteöljyksi. Myös ominaisuuksiltaan KAKTKLCF&KAKTKLCF-jakeet täyttivät pumppuvalmistajan ilmoittamat laatuvaatimukset. Työn tuloksia apuna käyttäen voidaan tehdä päätös tiivisteöljyn vaihdosta LCF-kierrätyspumppulle ja tulosten avulla päätös on perusteltu.</p>	
Avainsanat	tiivisteöljy, kierrätyspumppu, läpilyöntilujuus, kosteuspitoisuus, LFC

Author(s) Title	Joonas Ranta-Korpi Research of injection oil for LCF reactor recycle pump
Number of Pages Date	62 pages + 8 appendices 28 February 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Jarkko Männynsalo, Senior Lecturer Antti Tankka, Plant Engineer
<p>The subject of the thesis was to research injection oil for LCF reactor recycle pump. LCF-unit is located in Neste Oil Porvoo refinery, production line 4. The objective of the thesis was to find more economical injection oil, than VHVI-unit's process oil which is now used for making lubricants. The aim was that the change does not make any damage to recycle pump. World market price of process oil is very high from time to time and selling process oil which is injected to recycle pump, Neste Oil will reach a considerable economical benefit.</p> <p>The reactor recycle pump is a single stage diffuser type pump. The moving power of the pump is an integral, oil filled, electric motor and integral heat exchanger assembly. The unit is designed to operate under high temperature and pressure conditions while circulating oil in the reactor. The task of the injection oil is cooling motor winding heat and conduction of reactor heat, lubricating of bearings and sealing of mechanical gasket. That is reason why dielectric strength has to be high and to be effective the moisture content has to be low. Also lubrication viscosity is important.</p> <p>We cannot research injection oil by testing, so we have to do analysis cycle to injection oil. Reason for that is recycle pump's high degree of criticalness and if the injection oil cause damage for recycle pump, it causes shutdown of production line 4 and considerable loss in production. The analyses which are done to oils were chosen according to the properties informed by the pump manufacturer. The most important qualities were dielectric strength, moisture content, viscosity, sulphur content, copper corrosion and density. Results were compared to quality requirements of the pump manufacturer. To get to know the best economical benefits, the prices of the different injection oils were researched.</p> <p>In the results KAKTKLCF+KAKTRLCF-fraction was the most economical alternative to be the injection oil for recycle pump. Also KAKTKLCF+KAKTRLCF were equal with the quality requirements of the pump manufacturer. They can use results to make the decision of changing the injection oil to the LCF recycle pump.</p>	
Keywords	Injection oil, recycle pump, dielectric strength, moisture content, LCF

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Prosessikuvaus	3
2.1	Tuotantolinja 4	3
2.2	LCF-reaktoriosa	3
2.2.1	Kuplitettu leijukerrosreaktori	5
2.2.2	Katalyytin käsittelyjärjestelmä	6
2.3	MHC-reaktori- ja tuotetislausosa	7
2.4	Atmosfäärinen tislausosa (ATM)	8
2.5	Tyhjötislausosa (VAC)	8
3	LCF-reaktorin kierrätyspumppu	9
3.1	Pumpun kuvaus	9
3.2	Pumppusysteemin osat	10
3.2.1	Sähkömoottori	10
3.2.2	Tiivisteöljyn jäähdytin	12
3.2.3	Tiivisteöljyn syöttöjärjestelmä	13
3.3	Kierrätyspumppun toimintaperiaate	15
4	Kunnossapito	19
4.1	Kunnossapidon tarkoitus	19
4.2	Kierrätyspumppujen kunnossapito	19
4.2.1	Huollon sisältö	20
4.2.2	Huollon hintoja	21
4.3	Kierrätyspumppujen kunnon seuranta	21
4.4	Tiivisteöljyn vaihdon vaikutus kierrätyspumppun käytettävyyteen	22
5	Tiivisteöljy	24
5.1	Laatuvaatimukset	24
5.2	Tiivisteöljyjärjestelmän suunnitteluperusteet	28
5.3	Tiivisteöljyjärjestelmä	29
5.3.1	Tiivisteöljykuivain PA-71004	30
5.3.2	Tiivisteöljykuivaimen käyttöongelmat	32
5.3.3	Kuivaimen koeajot	33
5.4	Kokemukset muilta käyttäjiltä	34

5.4.1	Slovnaft	34
5.4.2	Milazzo	35
5.4.3	Tonen	35
5.4.4	Muiden käyttäjien tiivisteöljyn ominaisuudet	35
5.5	Tutkittavat öljyt	36
5.5.1	KAKTKLCF	36
5.5.2	KAKTRLCF	36
5.5.3	ÖPMHCZ	36
5.5.4	KAVHZ	37
5.6	Öljyjen hintavertailu	37
5.6.1	KAKTKLCF	38
5.6.2	KAKTRLCF	38
5.6.3	ÖPMHCZ	39
5.6.4	PROVHZ ja KAVHZ	39
6	Kokeellinen osa	42
6.1	Analyysit	43
6.2	Analysointimenetelmät	43
6.2.1	VISKO40°C ja VISKO100°C ENISO3104 -menetelmällä	43
6.2.2	TIHEYS EN ISO 12185 -menetelmällä	44
6.2.3	CUKOR3H/100°C EN ISO 2160 -menetelmällä	45
6.2.4	VESI ASTM C 6304 C -menetelmällä	45
6.2.5	Rikki, XRF-S EN ISO 8754 ja EN ISO 20846 -menetelmällä	46
6.2.6	Läpilyöntilujuus IEC 156-63 -menetelmällä	46
7	Analyysien tulokset	47
7.1	Tulokset	47
7.1.1	KAKTKLCF	47
7.1.2	KAKTRLCF	48
7.1.3	ÖPMHCZ	49
7.1.4	KAVHZ	50
7.1.5	OSBLKARH	51
8	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	52
8.1	Tiivisteöljyjen hintavertailu	52
8.2	Tiivisteöljyjen ominaisuuksien vertailu	54
8.2.1	KAKTKLCF & KAKTRLCF	55
8.2.2	ÖPMHCZ	56
8.2.3	KAVHZ	57

8.2.4	OSBLKARH	57
8.2.5	PROVHZ	58
9	Yhteenveto	59
	Lähteet	60
	Liitteet	
	Liite 1. Kierrätyspumpun huoltoraportti	
	Liite 2. Tiivisteöljyn laatuvaatimukset	
	Liite 3. Slovnaftin vastaukset kysymyksiin	
	Liite 4. Milazzon vastaukset kysymyksiin	
	Liite 5. Tonen vastaukset kysymyksiin	
	Liite 6. GSC:n tiivisteöljyn ominaisuudet	
	Liite 7. Tonen tiivisteöljyn ominaisuudet	
	Liite 8. KAKTRLCHF tislauksen 90°C ja -loppu	

Lyhenteet

TL4	Neste Oilin Porvoon jalostamon tuotantolinja 4
PÖY	Pohjaöljy-yksikkö
VY2	Vedyntuotantoyksikkö
LCF	Lummus Cities Fining. PÖY:n pohjaöljyn käsittelyn reaktoriososa
LCF TT	Tuotantolinja 4:n tyhjötislausyksikkö
ATM	PÖY:n atmosfäärinen tislausosa
CAT	LCF:n katalyytin käsittelyosa
MHC	Integrated Mild Hydrocracking. Kaksivaiheinen tisleiden vetykrakkausosa
TT2	Tyhjötislausyksikkö 2, Tuotantolinja 2:lla
BIY	Bitumiyksikkö, Tuotantolinja 1:lla
VHVI	VHVI-perusöljyjen (Very High Viscosity Index) valmistusyksikkö
KAKTKLCF	Tyhjötislausyksikön kevyempi kevytkaasuöljy
KAKTRLCF	Tyhjötislausyksikön raskaampi kevytkaasuöljy
PROVHZ	VHVI-yksikön prosessiöljy
KAVHZ	VHVI-yksikön kaasuöljy
ÖPMHCZ	MHC-yksikön pohjaöljy
KART	Tyhjötislausyksikön rikillinen kaasuöljy

1 Johdanto

Tämä työ tehdään Neste Oil Oyj Porvoon öljynjalostamon tuotantolinja 4:lle (TL4). Tarkoituksena on selvittää LCF-yksikön (Lummus Cities Fining) reaktoreiden kierrätyspumpuille vaihtoehtoinen tiivisteöljy. Alun perin tiivisteöljyksi on suunniteltu TL4:n tyhjö-tislausyksikkö LCF TT:n KAKTR:n (tyhjötislausyksikön raskaampi kevytkaasuöljy) ja KAKTK:n (tyhjötislausyksikön kevyempi kevytkaasuöljy) yhdistetty tuote, joka olisi johdettu tiivisteöljykuivaimen FF-71001 X kautta kierrätyspumpuille. Tiivisteöljykuivainta ei ole saatu toimimaan häiriöttä, eikä KAKTR:n + KAKTK:n tiivisteöljyksi vaadittavia laatuominaisuuksia näin ollen saatu riittäviksi. Tästä syystä pohjaöljy-yksikön (PÖY) käynnistysvaiheessa on päädytty tilapäisenä ratkaisuna käyttämään tiivisteöljynä korkealaa-tuista perusöljy-yksikön (VHVI) prosessiöljyä PROVHZ, joka on valmista tuotetta ja josta tehdään voiteluaineita.

Kevään 2009 huoltopysäytyksessä tyhjötislausyksikön tislaukskolonnia jatkettiin korkeammaksi, lisättiin välipohjia ja pesupalautus, jolloin KAKTK:n ja KAKTR:n leikkaukset kevenivät, katso liite 8. Tyhjötislauksessa tislataan alipaineessa, jolloin kosteuden sitoutuminen öljyyn heikentyy huomattavasti verrattuna tislaukseen ylipaineessa. Näin ollen KAKTK ja KAKTR jakeet sisältävät todennäköisesti vähemmän kosteutta kuin muut vaihtoehdot.

Työn tarkoituksena on selvittää löytyykö laatuvaatimukset täyttävää vaihtoehtoista tiivisteöljyä LCF-yksikön kierrätyspumpuille. Tiivisteöljyn vaihto ei saa vaikuttaa kierrätyspumpun käytettävyyteen huonontavasti eikä lyhentää suunniteltuja huoltovälejä. Arvioiden mukaan kierrätyspumpuilla voisi käyttää ominaisuuksiltaan huonompaa tiivisteöljyä kuin PROVHZ. Prosessiöljy PROVHZ:n maailmanmarkkinahinta on ajoittain korkea ja tiivisteöljyn vaihdolla saavutettaisiin vuositason huomattava taloudellinen säästö. Tiivisteöljyn vaihdosta on käyty keskusteluja vuosien ajan ja tiivisteöljykuivainta on koeajettu aika ajoin jo ennen vuonna 2007 tapahtunutta pohjaöljy-yksikön käynnistystä ja viimeksi vuonna 2012. Toinen tarkoitus työlle on osoittaa, että jos saatavilla ei ole vaihtoehtoista tiivisteöljyä tai uuden tiivisteöljyn käyttöönotto ei ole järkevää, voidaan pienillä muutoksilla pitäytyä nykyisessä tiivisteöljyssä ja valita se pysyväksi ratkaisuksi. Näin tiivisteöljykuivain ja siihen liittyvät laitteet voitaisiin tarpeettomana purkaa.

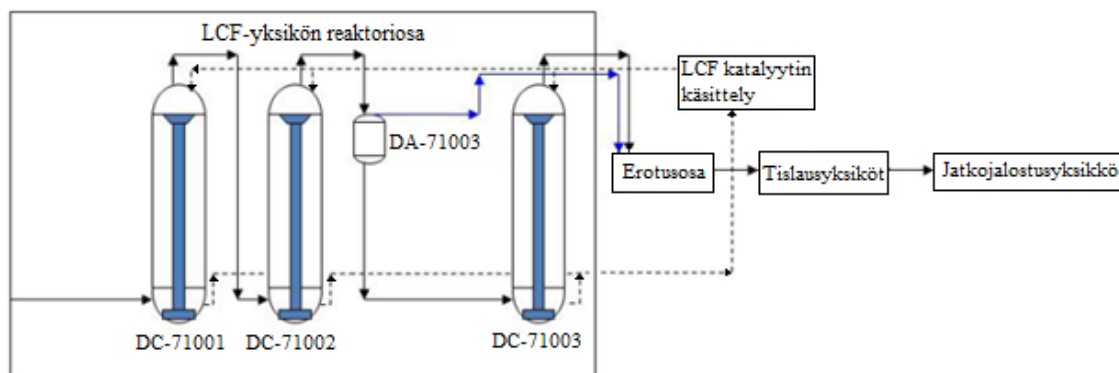
Työssä on tarkoitus selvittää reaktoreiden kierrätyspumppujen rakenne, toimintaperiaate ja pumpuilla käytettävän tiivisteöljyn tehtävät sekä laatuvaatimukset. Kierrätyspumppulle syötettävä tiivisteöljy kulkee pumpulta reaktoriin, prosessoitavan öljyn sekaan. Selvitetään potentiaaliset tiivisteöljyvaihtoehdot kierrätyspumppuille. Tuotannonohjaukselta saadaan valituille tiivisteöljyvaihtoehdoille hinnat ja niiden perusteella arvioidaan tiivisteöljyn vaihdon kustannushyötyä. Kun selvitetään mihin TL4 tuotejakeeseen tiivisteöljy päättyy, niin osataan verrata oikeaa hintadifferentiaalia.

Kunnossapito-osastolta selvitetään kierrätyspumppujen huoltovälit, huollon sisältö sekä pumpuilla mahdollisesti esiintyneet ongelmat. Työssä perehdytään myös tiivisteöljyjärjestelmän suunnitteluperusteisiin ja selvitetään miksi tiivisteöljykuivainta ei otettu käyttöön sekä miten päädyttiin nykyiseen ratkaisuun.

Soveltavassa osassa suoritetaan analysointijakso potentiaalisille tiivisteöljyille. Tulosten perusteella arvioidaan niiden soveltuvuutta tiivisteöljyksi. Arvioidaan vaihtoehtoisten tiivisteöljyjen käytettävyyseriskit verrattuna taloudelliseen hyötyyn, onko vaihdon myötä enemmän pysäytyksiä, häiriöitä ja kunnossapitokustannuksia. Jos tiivisteöljyksi voitaisiin hyödyntää jotain pohjaöljy-yksikön tislettä, on otettava huomioon prosessiolosuhteiden muutokset, kuten häiriötilanteet, joissa tisleiden laatu heikkenee huomattavasti. Tällöin täytyy olla varajärjestelmä, jotta tiivisteöljyn syöttö kierrätyspumppuille ei lakkaa eikä tiivisteöljyn laatu heikkene. Varajärjestelmäksi kannattaisi jättää nykyinen hyvälaatuinen tiivisteöljy, VHVI prosessiöljy. Kierrätyspumput voivat olla maksimissaan puoli tuntia ilman tiivisteöljylisäystä.

Lisäksi haastatellaan muita käyttäjiä heidän käyttämistä tiivisteöljyistä ja heidän käyttökokemuksista. Keskustelut pumpputoimittajan kanssa ovat osoittaneet, että mikäli päädytään ratkaisuun tiivisteöljyn vaihdosta, on se ehdottomasti muutos huonompaan. Kokemukset ovat osoittaneet Neste Oilin käyttämän tiivisteöljyn pitävän kierrätyspumppujen sisäpuoliset osat hämmästyttävän puhtaina ja hyväkuntoisina verrattuna muihin käyttäjiin.

faasisysteemissä. Reaktoreissa esiintyvät faasit ovat kaasu-, neste- ja kiinteäfaasi. Toisen ja kolmannen reaktorin välissä on välistripperi DA-71003. Reaktorissa oleva kiinteäfaasi sisältää katalyytin, nestefaasi hiilivetysyötön raskaan osan ja kaasufaasi vedyn sekä osittain höyrystyneet hiilivedyt. [15, s. 19] LCF-reaktorit ovat sekoitusreaktoreita, jolloin ne toimivat lähes isotermisesti ja reaktorin sisällä lämpötilaeroa on vain noin 3-4 °C. [1, s. 116] LCF reaktoriosa esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Periaatekuva LCF-prosessista. [15, s. 19, muokattu]

Yksikön kokonaissyötön suunnitteluarvo on 260 t/h. Pohjaöljyyn sekoitetaan tyhjtislaoksen raskasta kaasuöljyä, joka toimii kuljettajana nestemäiselle katalyytille (HCAT). Nestemäisen katalyytin teknologia perustuu Headwatersin Heavy Oil LLC:n lisenssiin ja sen avulla pyritään hallitsemaan LCF sedimentin muodostumista. Näin mahdollistetaan PÖY:n konversion nosto sekä pidennetään erityisesti VAC:n pohjaöljyvaihtimien puhdistusvälejä. [9, s. 2]

Sedimentti on pohjaöljyn vetykrakkauksen sivutuote. Sedimentti muodostuu krakkautuneista, pienistä asfalteenien osasista. Nämä ovat tasomaisia monirenkaisia molekyyliä, joista on poistettu merkittävä määrä alkyyli-sivuketjuja ja myös aromaattirenkaiden tyydyttymistä voi esiintyä. Sedimenttimolekyylit ovat vetyaromaattisia sisältäen vetyä 10–11 painoprosenttia. Sedimentti määritetään analysoimalla suodatettavissa olevat kiintoaineet + asfalteenit. [10, s. 63]

Asfalteenit ovat suuren molekyylikoon omaavia (moolimassa 1000–5000) tyydyttymättömiä, monta aromaattirengasta sisältäviä hiilivetyjä, jotka sisältävät paljon metalleja, rikkiä ja typpeä. [10, s. 63]

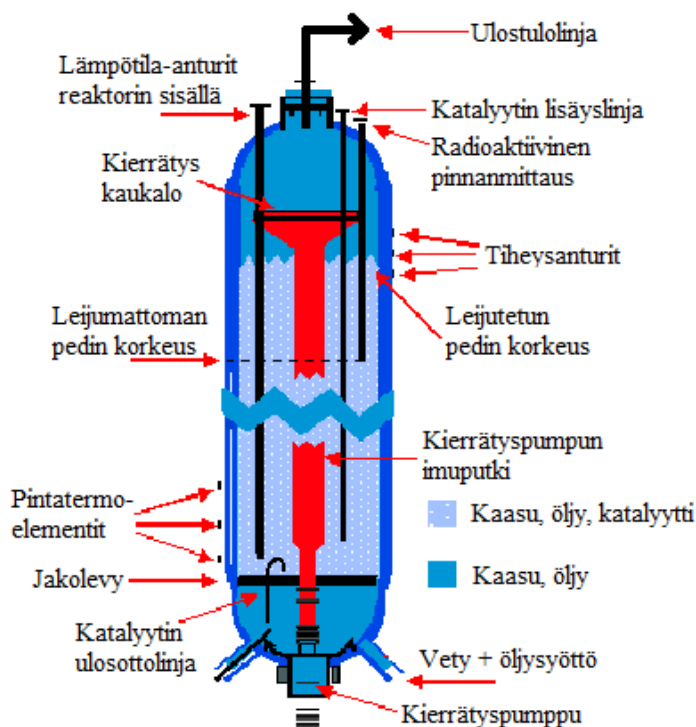
Syöttö esilämmitetään lämmönvaihtimilla sekä uunilla ja sekoitetaan kuumaan kiertokaasuun, jonka jälkeen kaksifaasisyöttö (noin 370 °C) johdetaan reaktorin DC-71001 alaosaan. Reaktoreiden operointilämpötilan suunnitteluarvo on 425 °C ja operointipaine noin 18,0 MPa. Reaktorin alaosassa kaksifaasisyöttö sekoittuu reaktorin sisällä olevaan öljyyn ja seos jaetaan jakopohjan avulla tasaisesti reaktorin poikkipinta-alalle. Jakopohjalta kaksifaasiseos kulkeutuu leijuvaan katalyyttipetiin, jossa tapahtuvat krakkausreaktiot ja epäpuhtauksien (rikki, typpi, metallit) poisto katalyyttisesti kiertokaasun vedyn avulla. [15, s. 18] Pohjaöljyn krakkautuminen on pääsääntöisesti lämpökrakkausta. [1, s. 116]

Reaktorin yläosan kierrätyskaukalossa erotetaan kiertokaasun mukana poistuva tuotevirta ja alaspäin imuputkea pitkin kierrätyspumppulle valuva nestevirta. Suurin osa (noin 9 kertainen syötön määrä) reaktiotuotteesta kiertää takaisin kierrätyspumppulle. Kierrätyspumppu varmistaa katalyytin leijutuksen ja pitää sen jatkuvassa liikkeessä. Kiertokaasun vaikutus katalyyttipedin leijutukseen on noin 20–30 %, loput 70–80 % leijutuksesta tekee kierrätyspumppu. [10, s. 5]

Ensimmäisen reaktorin tuotevirta on toisen reaktorin (DC-71002) syöttövirta. Toisen reaktorin syöttövirtaan sekoitetaan kylmää kiertokaasua. Toisen reaktorin tuotevirta johdetaan välistripperiin, jossa kaasu- ja nestefaasit erotetaan, samalla lämpimän kiertokaasun avulla stripataan kevyet komponentit nestefaasista. Tällä saadaan vähennettyä kolmanteen reaktoriin syötettävän nesteen määrää ja nostettua vedyn osapainetta. Kolmannen reaktorin syöttöön sekoitetaan kylmää, lämmintä ja kuumaa kiertokaasua, määrät säädetään halutun sisäänmenolämpötilan mukaan. Välistripperin kaasuvirta ohittaa kolmannen reaktorin ja yhdistyy reaktorin tuotevirtaan. Kaikkien kolmen kuplitetun leijukerrosreaktorin toimintaperiaate on samanlainen. [1, s. 10] Välistripperin ja kolmannen reaktorin yhdistetty virta johdetaan erotusosaan, josta nestefaasi johdetaan LCF-tislausyksikköön (ATM) ja kuuma kaasufaasi pesukolonni DA-71004:lta MHC:n ensimmäisen vaiheen kiintopetireaktorin öljysyötön sekaan.

2.2.1 Kuplitettu leijukerrosreaktori

Kuplitettua leijukerrosreaktoria esiintyy kahdenlaisena. Axensin lisensoimassa H-Oil prosessissa kierrätyspumppu sijaitsee reaktorin ulkopuolella, kun LCF-prosessissa kierrätyspumppu asennetaan reaktorin sisäpuolelle. [15, s. 20] LCF-tyyppisen kuplitetun leijukerrosreaktorin rakenne on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. LCF-tyyppinen kuplitettu leijukerrosreaktori. [10, s. 6, muokattu]

2.2.2 Katalyytin käsittelyjärjestelmä

Pohjaöljyn ja raskaiden öljyjen erona muihin tisleisiin on niissä runsaana esiintyvät asfalteenit, muut korkean molekyylipainon omaavat komponentit, polyaromaatit, koksen muodostajat, kuten hiilijäännös ja orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneet metallit, nikkeli ja vanadiini. Asfalteenit vaikuttavat huomattavasti krakkauksen kemiaan aiheuttaen hiilen ja koksen sitoutumista katalyyttiin ja näin aktiivisuutta heikentäen lyhentää katalyytin käyttöikää. [1, s. 36]

LCF-vetykrakkausprosessin katalyytin aktiivisuuden ylläpitämiseen vaikutetaan katalyytin siirto- ja käsittelyprosessilla, jota suoritetaan reaktoreiden ollessa käytössä. Katalyytin käsittelyprosessi sisältää tuorekatalyytin käsittelyn, tuorekatalyytin lisäyksen reaktoriin ja käytetyn katalyytin poiston useasti viikon aikana. Oletuksena on, että lisätyn katalyytin määrä tilavuutena vastaa poistetun katalyytin määrää.

Katalyytin siirtoprosessi toimii kaskadissa, jolloin tuoretta katalyyttiä lisätään viimeiseen sarjassa olevaan reaktoriin. Viimeisestä poistettava katalyytti siirretään toiseen reaktoriin.

riin ja toisesta poistettava ensimmäiseen, jolloin käytettyä katalyyttiä poistetaan hylkyyn ensimmäisestä reaktorista. Hylkyyn poistettava katalyytti on kerännyt metalleja ja epäpuhtauksia niin, että massa on noin kaksinkertainen tuoreen katalyytin massaan verrattuna. [15, s. 21]

2.3 MHC-reaktori- ja tuotetislausosa

MHC on kaksivaiheinen kaasuöljyjen jatkojalostusosa, joka sisältää kaksi kiintopetireaktoria. Syöttö reaktoriin tulee yläkautta ja tuotevirta poistuu alakautta. Syöttöön sekoitetaan kiertovetykaasua ja seos esilämmitetään ennen reaktoreihin johtamista. Petien väleihin johdetaan jäähdytysvetykaasua eksotermisten reaktioiden hallintaan. MHC reaktoriosa sisältää kaksi vaihetta. Ensimmäisen vaiheen reaktori sisältää viisi kiinteää katalyyttipetiä. Aktiivisen katalyytin tehtäviä ovat syvä rikinpoisto toisen vaiheen katalyytin suojaamiseksi, lähes täydellinen typenpoisto toisen vaiheen katalyytin aktiivisuuden ylläpitämiseksi, osittainen aromaattien vedytys, kevyt krakkaus ja merkaptaanien poisto. Lisäksi ensimmäisen katalyyttipedin päällimmäiset katalyyttikerrokset ovat suojakerros ja metallinpoistokerros, joiden tehtävä on estää roskien ja ruosteen joutuminen alemmille pedeille sekä nikkelin ja vanadiinin poisto syötöstä. [11, s. 6]

MHC ensimmäisen vaiheen syöttö koostuu pesukolonni DA-71004:n kuumen kaasufaasin lisäksi LCF-tislausyksiköiden rikillisistä välituotteista; ATM-yksikön bensiini, kevyt kaasuöljy ja kaasuöljy sekä VAC-yksikön ylimenoöljy, kevyempi ja raskaampi tyhjonkevytkaasuöljy. Lisäksi ensimmäisen vaiheen reaktoriin syötetään ulkopuolelta ostettua rikillistä raskasta kaasuöljyä ja rikitöntä hydrattua raskasta kaasuöljyä. [1, s. 10]

MHC toisen vaiheen reaktori sisältää neljä kiinteää katalyyttipetiä. Aktiivisen katalyytin tehtävä on jatkaa loppuun ensimmäisen reaktorin konversioreaktiot ollen dieseliä tuotava. Typenpoisto ja rikinpoisto viedään alemmassa katalyytin lämpötilassa lopulliselle tasolle jatkaen aromaattien vedytystä tavoitteena tiheysalenema päätuotteelle, joka on diesel. MHC toisen vaiheen syöttö koostuu MHC jakotislauskolonnin pohjaöljystä. Myös toisen vaiheen reaktorin katalyyttipetien väliin ajetaan jäähdytyskaasua eksotermisten reaktioiden hallitsemiseksi. [11, s. 6]

Ensimmäisen ja toisen vaiheen reaktorit ovat toimintaperiaatteeltaan samanlaiset. Niitä operoidaan noin 15,5–16,6 MPa paineessa ja noin 360–427 °C lämpötilassa, riippuen ajojakson pituudesta. Reaktoreista poistuvat tuotevirrat yhdistetään ja jäähdytetään

lämmönsiirtimissä ennen erotusosaa. Erottimessa FA-71006 neste- ja kaasufaasit erotetaan toisistaan. Nestefaasi jatkaa erottimeen FA-71017 ja kaasufaasi johdetaan ilmajäähdystimeen EC-71001. Ennen ilmajäähdytintä kaasufaasiin ruiskutetaan pesuvettä estämään ammoniumbisulfidin ja ammoniumkloridin kiteytyminen kylmille pinnoille, jolla estetään ilmajäähdytin koilien tukkeutuminen. Erotusosaan kuuluu vielä erottimet FA-71007, FA-71018 ja FA-71019. [1, s. 123]

Erottimilta jakaantuneet nestefaasit yhdistetään ja johdetaan MHC-esistripperiin. Esistripperi erottaa rikkivedyt ja stabiloimattoman bensiinijakeen raskaammista jakeista. MHC-esistripperin operointipaineen suunnitteluarvo on 1000 kPa. Stripperin pohjatuote johdetaan esilämmönsiirtimien ja uunin kautta jakotislauskolonniin. Jakotislausossa jaotellaan MHC-reaktiotuote eri fraktioihin kolonnin huipulta alkaen: bensiini, petroli, kaasuöljy (diesel) ja pohjalta raskaan kaasuöljyluokan jae, josta suurin osa menee toisen vaiheen reaktorin syöttöön. Pienempi osa johdetaan FCC-yksikköön (Fluid Catalyst Cracking), joka kuuluu tuotantolinja 2:een (TL2). Kaikkea MHC pohjaöljyä ei voi ajaa toisen vaiheen syötöksi, koska PCI-arvo (Polysyklinen indeksi) kasvaa liian suureksi. Jakotislauskolonnin operointipaineen suunnitteluarvo on 220 kPa. [1, s. 131-132]

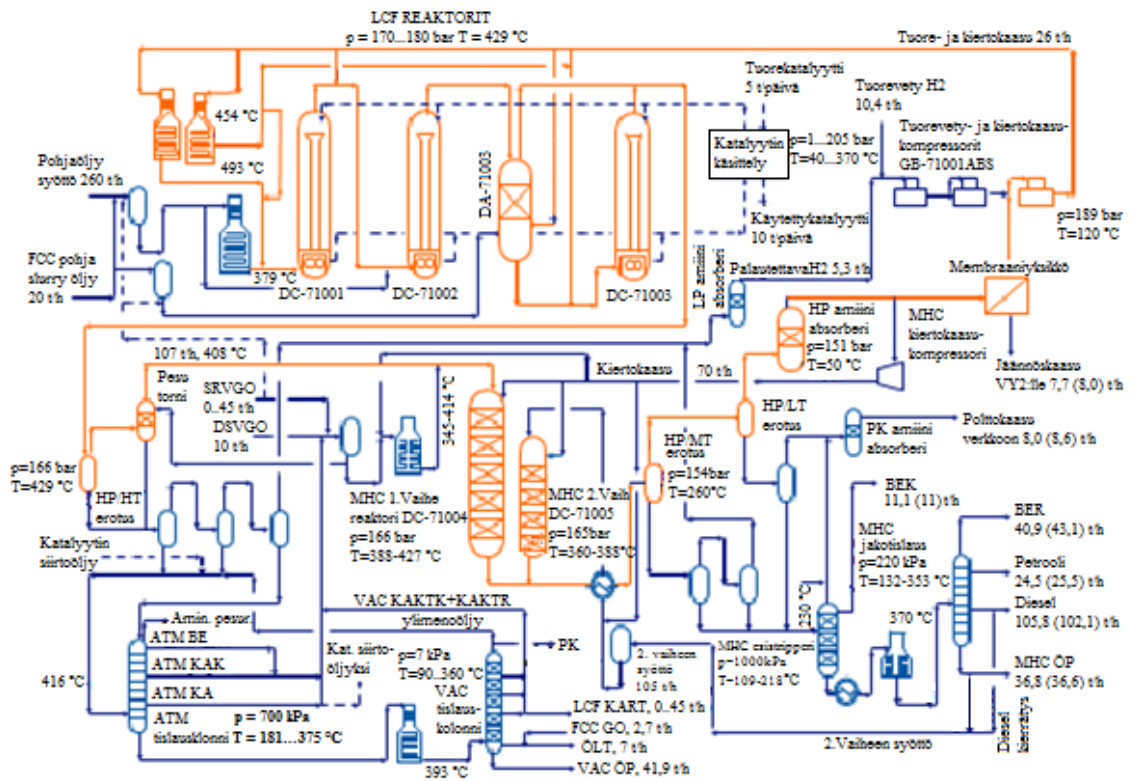
2.4 Atmosfäärinen tislausosa (ATM)

ATM-tislauskolonnissa erotetaan LCF:n matalapaine erottimelta tuleva nestefaasi tuotejakeiksi. Tuotejakeita ovat rikillinen bensiini, kevyt kaasuöljy ja kaasuöljy. Niiden erotuksella ei ole suurta merkitystä, vaan tarkoituksena on poistaa pohjatuotteesta mahdollisimman paljon kaasuöljyä ja sitä keveämpiä, jotta LCF-tyhjötislauskuorman kuorma olisi mahdollisimman pieni. Tuotejakeet johdetaan MHC-reaktio-osan syöttöön. Tislauskolonnin huipulta erottuva polttokaasu johdetaan amiinipesuriin. ATM-tislauskolonnin operointipaineen suunnitteluarvo on 700 kPa. [1, s. 128]

2.5 Tyhjötislausosa (VAC)

ATM-tislauskolonnin pohjatuote johdetaan uunin kautta tyhjötislauskolonniin. Tyhjötislauskolonnissa erotetaan ATM:n pohjatuote jakeiksi, joista tyhjän ylimenoöljy sekä kevyt ja raskas tyhjökaasuöljy johdetaan MHC-reaktio-osaan syötöksi. Tyhjän raskas kaasuöljy ei sovellu MHC:n syötöksi. Tyhjän leikkausöljy ja pohjaöljy johdetaan jäähdy-

tyksen jälkeen varastoon. Tyhjötislauskolonnin operointipaineen suunnitteluarvo on 7 kPa(a). [1, s. 129] Kuvassa 4 PÖY:n yksinkertainen virtauskaavio.



Kuva 4. Pohjaöljy-yksikön yksinkertaistettu virtauskaavio. [21, s. 16, muokattu]

3 LCF-reaktorin kierrätyspumppu

Kierrätyspumppu on ainutlaatuinen muuttuvanopeuksinen öljyn kierrätyspumppu, joka kierrättää jopa 1800 t/h öljyä LCF-reaktoreissa. LCF-yksikössä kierrätyspumppuja on kolme kappaletta GA-71001, GA-71002 ja GA-71003 jotka sijaitsevat reaktoreissa DC-71001, DC-71002 ja DC-71003 sekä yksi kierrätyspumppu GA-71001S on varastossa varapumppuna. [12, s. 3]

3.1 Pumpun kuvaus

12000-450 PR-tyyppinen reaktorin kierrätyspumppu on yksittäisvaiheinen hajotintyyppinen pumppu. Pumpun käyttövoimana toimii integraalinen öljyllä täytetty sisäinen sähkömoottori. Pumppu on suunniteltu toimimaan korkean paineen ja lämpötilan alaisena

kierrättäen öljyä reaktorissa. Moottori sijaitsee pystysuorassa asennossa samalla linjal-la pumpun alapuolella, saaden imun yläpuolelta poiston tapahtuessa radiaalisesti. [17, s. 16]

3.2 Pumppusysteemin osat

Kierrätyspumppuun sisältyvät pesä, sähkömoottori, tiivisteöljyn jäähdytin ja juoksupyö-rä imupesineen sekä kahdennetut taajuusmuuttajat sähkömoottorin käyttölaitteena ja tiivisteöljyn syöttöjärjestelmä. [16, s. 18] Pumppu osineen on yhtä pakettia ja kaikki osat altistuvat roottorin välityksellä reaktorin lämmölle ja paineelle. Osat näkyvät sel-västi kierrätyspumppun räjäytyskuvasta 5.

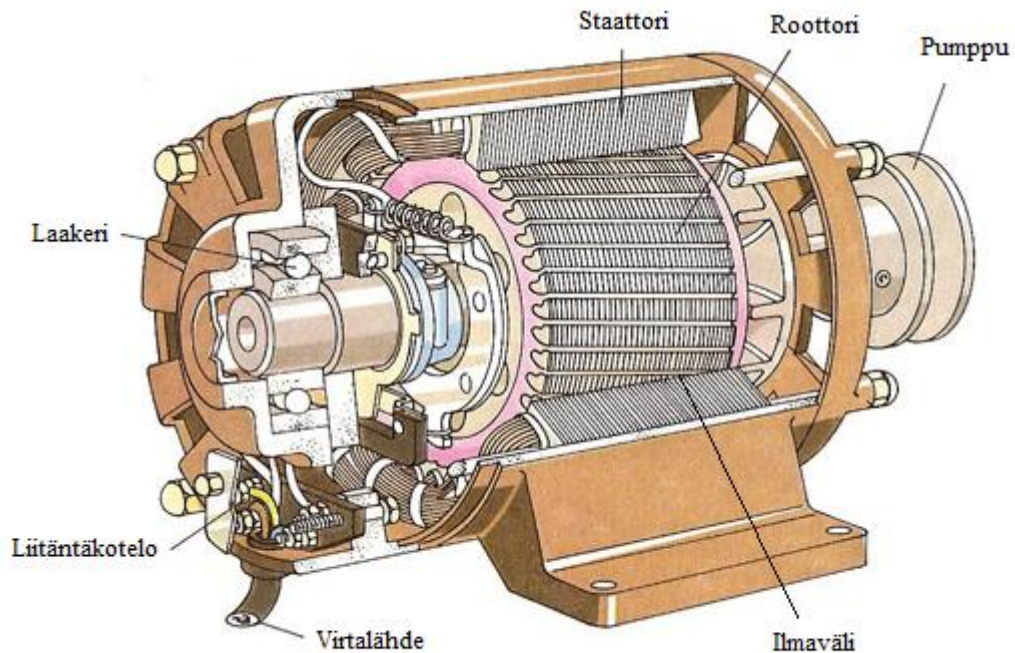
Salainen tieto

Kuva 5. LCF-reaktorin kierrätyspumppu 12000-450 PR. [8. muokattu]

3.2.1 Sähkömoottori

Kierrätyspumppujen sähkömoottorina toimii kolmivaihemoottori, jota kutsutaan myös nimellä induktiomoottori ja epätahti-oikosulkumoottori. [23, s. 80] Moottorin kierrosno-peutta säädetään taajuusmuuttajan avulla ja moottoria voidaan pyörittää sekä eteen-päin että taaksepäin.

Moottorilla on kaksi pääosaa, staattori on kiinteä paikallaan pysyvä koneenosa ja roottori pyörii staattorin sisällä. Staattorikäämi ja roottorikäämi muodostavat yhteisen magneettikentän, mutta niitä erottaa toisistaan ilmaväli, joka on kierrätyspumppulla täynnä kiertävää tiivisteöljyä. [24, s. 25] Selvennyksenä leikkauskuva sähkömoottorista.



Kuva 6. Sähkömoottorin rakenne. [25, muokattu]

Moottorin käämityksessä syntyy lämpöä ja käämien suojaus on tarpeen kuumentumisen ja veden suhteen. Suojauksen hoitaa tiivisteöljy, jonka täytyy olla kuivaa ja jonka läpäilyntilujuus täytyy olla korkea, jotta estetään käämien pinnalla olevan eristeen kulumisen sekä sähkömoottorin oikosulku. [14, s. 4]

Taulukkomuodossa esitetty kierrätyspumpun sähkömoottorin tekniset tiedot.

Taulukko 1. Moottorin tekniset tiedot. [17, s. 12]

Salainen tieto

3.2.2 Tiivisteöljyn jäähdytin

Kierrätyspumpun tiivisteöljy kiertää sisäänrakennetun glykolivesijäähdyttimen kautta, jossa moottorin käämityksen synnyttämä ja reaktorista siirtynyt lämpö siirtyy glykoliveen. Pumpun ollessa asennettuna reaktoriin, jäähdytinkierukka sijaitsee alimpana.

Salainen tieto

Kuva 7. Kierrätyspumpun jäähdytinkierukka. [20, s. 12, 13, muokattu]

Kuvaan 7 vasemmalle sijoitettu leikkauskuva jäähdytyskierukasta. Tiivisteöljy kiertää putkipuolella (punainen) ja glykolivesi vaippapuolella (sininen).

Taulukossa 2 on esitetty jäähdytinkierukalle syötettävän glykoliveden ruiskutusvaatimukset. Tiivisteöljyn lämpötila on paras pitää mahdollisimman alhaalla, joten glykoliveden lämpötilan pysyminen alhaisena on tärkeää.

Taulukko 2. Jäähdytysveden ruiskutusvaatimukset. [17, s. 13]

Salainen tieto

3.2.3 Tiivisteöljyn syöttöjärjestelmä

LCF-reaktoreiden kierrätyspumpuille syötetään tiivisteöljyä jatkuvasti, käyntitilasta riippumatta. Tämä tapahtuu tiivisteöljypumpuilla GA-71013&s, GA-71014&S ja GA-71015&S, jotka ovat Bran+Luebbe mäntäpumppuja. Pumput nostavat tiivisteöljyn paineen hieman korkeammaksi kuin kierrätyspumpun painepuolen paine on. Kierrätyspumput voivat olla ilman tiivisteöljysyöttöä maksimissaan puoli tuntia. [19, s. 8]



Kuva 8. Tiivisteöljyn syöttöpumppu [20, s. 23]

Taulukkoon 3 on kerätty kierrätyspumpun tiivisteöljyn ruiskutusvaatimukset, josta selviää esimerkiksi kuinka paljon tiivisteöljyn paineen pitää olla yli kierrätyspumpun painepuolen paineen.

Taulukko 3. Tiivisteöljyn ruiskutusvaatimukset. [17, s. 13]

Salainen tieto

Kuuman valmiustilan aikana, kun kierrätyspumpun kierrokset ovat 500 r/min tai alle sen tai kun pumppu pysähtyy, syötetään tiivisteöljyä normaalia enemmän. Syynä tähän on kierrätyspumpun akseliin integroidun sisäisen tiivisteöljyn kierrätyspumpun riittämätön tiivisteöljyn kierrätys reaktorin kierrätyspumppulla.

Kun kierrokset ovat 500 r/min tai sitä matalammat, niin sisäinen akselikäyttöinen pumppu kierrättää vähemmän tiivisteöljyä kierrätyspumppussa kuin normaalilla kierrätyspumpun kierrosnopeudella vieden lämpöä vähemmän pois pumpulta. Tämä on ratkaistu suuremmalla tiivisteöljysyötöllä, jolloin myös suurempi määrä kiertää kierrätyspumpun sähkömoottorin käämityksessä jäähdyttäen sitä. Kierrätyspumpun pyörimisnopeuden ollessa 1100 r/min, tiivisteöljyä kiertää pumpulla riittävästi, jolloin jäähdytys- ja voitelutehtävät toimivat erinomaisesti, näin tiivisteöljyä syötetään vain sen verran, että se tiivistää mekaanisen tiivisteeseen ja näin estää reaktorissa olevan prosessoitavan öljyn pääsyn kierrätyspumppulle.

3.3 Kierrätyspumpun toimintaperiaate

Kierrätyspumppu saa imunsa edellä esitetystä reaktorin kiertokaukalosta. Kiertokaukalo erottaa tehokkaasti kaasun ja öljyn reaktorin yläpäässä laajentuneen katalyyttipedin yläpuolella. Kiertokaukalossa erottunut öljyfaasi virtaa painovoiman vaikutuksesta alas laskuputkea pitkin kierrätyspumpun juoksupyörän imupuolelle. [12, s. 3]

Kierrätyspumpun tekemä virtaus poistuu juoksupyörästä diffuusorin läpi. Diffuusori parantaa sekoittumista jakorenkain alla. Diffuusorin jokaisessa ulostulossa on läppä, jonka tehtävänä on toimia takaiskuna ja estää öljyn tai kaasun takaisinvirtaus pumpun pysähtyessä. [12, s. 3] Kuvasta 9 nähdään kierrätyspumpun diffuusori ja ulostuloläppät.



Kuva 9. Kierrätyspumpun diffuusori ja ulostuloläppät. [18. muokattu]

Kierrätyspumppu tunnetaan myös nimellä leijutuspumppu. Sen pyörimisnopeutta säädetään automaattisesti pitämään laajentunutta katalyyttipetiä halutulla korkeudella. Säädön perustana ovat radioaktiivisten tiheysanalysaattorien antamat signaalit. Tiheysanalysaattorit sijaitsevat reaktorin yläpäässä ja niille asetetaan tiheysrajat joiden välissä leijutuspumppu pyrkii pyörimisnopeutta säätämällä katalyyttipedin pitämään. [12, s. 3]

Sähkömoottorin sisäinen tiivisteöljy kiertää moottorin käämityksen, laakerien, mekaanisen tiivisteen ja lämmönvaihtimen kautta sisäisen öljypumpun avulla. Kierrätyspumpun räjäytyskuvaan 10 on selvennetty valkoisilla viivoilla tiivisteöljyn syöttö, kierto kierrätys-

pumpulla ja poistuminen yläosasta mekaanisen tiivisteiden kautta reaktoriin. Sisäinen akselikäyttöinen öljypumppu on esitetty kuvan 10 tarkennuksessa, jossa punaiset viivat esittävät tiivisteöljyn kulkua sisäiselle pumpulle ja siitä eteenpäin. [19, s. 2]

Salainen tieto

Kuva 10. Tiivisteöljyn syöttö ja kulku kierrätyspumppulla. [20, s. 14, muokattu]

Reaktorin kierrätyspumppuun syötettävä tiivisteöljy yhdistyy sisäiseen kiertoon, joka johdetaan lämmönvaihtimen kautta sisäiselle akselikäyttöiselle pumpulle. Sisäisen akselikäyttöisen pumpun ollessa yhteydessä roottoriin, määrittyy sen pyörimisnopeus reaktorin kierrätyspumppun pyörimisnopeuden mukaan. [19, s. 2]

Kuvassa 11 on esitetty lohkokaaaviona tiivisteöljyn kierto LCF-kierrätyspumppulla ja mukaan on lisätty selvennykseksi Q_1 ja Q virtaukset, joiden tarkoitus on selventää syötetyn ja poistuvan tiivisteöljyn virtausmääriä sekä sisäistä kiertoa.

Salainen tieto

Kuva 11. Tiivisteöljyn kierrätys LFC-kierrätyspumpulla, lohkokaavio. [20, s. 26, muokattu]

Tiivisteöljyn tehtävänä on myös reaktorista siirtyvän ja moottorin käämityksen synnyttämän lämmön poistaminen. Samalla pumpussa kiertävä tiivisteöljy voitelee säteis- ja painelaakerit sekä pumpun sisäisien pyörivien ja kiinteiden osien välejä. Moottorin käämien suojaus on tarpeen kuumenemisen ja veden suhteen, tämä varmistetaan kuivalla tiivisteöljyllä, jonka eristelujuus on oltava korkea. [19, s. 2]

Kuvassa 12 on tarkennettu kuva, jossa on punaisilla viivoilla esitetty tiivisteöljyn poistuminen kierrätyspumpun mekaanisen tiivisteiden kautta reaktoriin. Välyksen läpi kulkeva virta on pieni verrattuna pumpun sisäiseen tiivisteöljykiertoon. [19, s. 2] Jatkuva korkeapaineinen tiivisteöljyn syöttö muodostaa painesulun virtaamalla reaktoripumpun akselin tungstenkarbiditiivisteiden, painelaakerin ja pumpun rungon välistä reaktoriin estäen samalla mustan öljyn pääsyn takaperin reaktorista moottorille. [19, s. 2]

Salainen tieto

Kuva 12. Tiivisteöljyn poistuminen painesulun kautta reaktoriin. [20, s. 15]

Neste Oililla tiivisteöljyvirtaukselle käytetään massamittaukseen perustuvia virtausmittauksia. Kierrätyspumpun sisäinen akselikäyttöinen pumppu kierrättää tiivisteöljyä valtavien määrän jäähdytyksen ja voitelun suorittamiseen. [3, s. 1]

Pumppupesässä tiivisteöljyä voi kiertää jopa $18 \text{ m}^3/\text{h}$ sisäisen akselikäyttöisen pumpun toimesta. Sisäinen pumppu on yhteydessä roottoriin ja se, kuinka paljon tiivisteöljyä kiertää pumppupesässä, on näin ollen riippuvainen reaktorin kierrätyspumpun kierrosnopeudesta. [3, s. 1]

Jos tiivisteöljyä syötetään liikaa korkeilla kierroksilla, moottori ylikuumenee ja suurempi virtausmäärä saattaa aiheuttaa sekä painelaakerin että mekaanisen tiivisteiden rikkoutumisen. Jos tiivisteöljyä syötetään liian vähän matalilla kierroksilla, leijutuspumppu ylikuumenee reaktorista siirtyvän lämmön vuoksi. Tämän vuoksi edellä esitetyt kierroslukuihin sidotut tiivisteöljyn virtausmäärät on pidettävä optimaalisissa arvoissa, jotta leijutuspumppu säilyisi käyttövarmana prosessissa. [3, s. 1]

Kierrätyspumpun pysähtyminen aiheuttaa katalyyttipedin romahtamisen (katso kuva 3, leijumattoman pedin korkeus) ja suojaus katalyyttipedin leijutuksen menetyksestä aktivoituu, tämä on erittäin vakava häiriö. Voidaankin todeta kierrätyspumppujen kuuluvan PÖY:n kriittisimpien laitteiden joukkoon.

Tiivisteöljyn lämpötila on paras pitää mahdollisimman alhaalla, mitä korkeampi sisään syötetyn tiivisteöljyn lämpötila on, sitä korkeampi koko pumpun lämpötila on. Normaalisti tiivisteöljyn lämpötila kierrätyspumppulla pysyy alle 80 °C ja suurin sallittu lämpötila pumppupesässä on 104 °C. Jos lämpötila pidetään matalalla, niin moottorin käämien eristysmateriaalin käyttöikä pitenee. Reaktorista siirtynyttä ja moottorin käämityksen synnyttämää lämpöä poistetaan sisäänrakennetussa lämmönvaihdkierukassa glykoli-veden avulla. [3, s. 2] Myös varastossa varalla säilytettävä kierrätyspumppu pidetään öljytäytössä ja myös tälle öljylle on tarkat laatuvaatimukset. [8]

Lämpötilaraja valkometallilla pinnoitetulle painelaakerille on 130 °C. Valkometalli sisältää tinaa 30 %, lyijyä 55,5 %, antimonia 12 % ja kuparia 2,5 %. Kierrätyspumppujen toimittajalla on myös tarjolla uusi polymeeripinnoitettu malli, joka kestää jopa 180 °C. [3, s. 2]

4 Kunnossapito

Koneiden ja laitteiden kunnossapidon merkitys taloudellisesti on merkittävä. Kunnossapitotyö sekä siinä käytetyt varaosat ja uudet komponentit ovat suuria kustannuksia. Vielä merkittävämmät kustannukset syntyvät, kun koneet, laitteet ja tuotantoprosessit eivät laiterikkojen seurauksena ole käytettävissä tai ne toimivat puutteellisesti. [22, s. 3]

4.1 Kunnossapidon tarkoitus

Nykykäsityksenä kunnossapidon ensisijainen tehtävä on pitää laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Edelleenkin kunnossapitoon kuuluvat rikkoutuneiden laitteiden tai komponenttien korjaukset, mutta korjaustoiminta ei ole kunnossapidon päätarkoitus. Nykynäkemyksen mukaan kunnossapito ei ole kustannus vaan tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla pystytään varmistamaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. [22, s. 25]

4.2 Kierrätyspumppujen kunnossapito

LCF-reaktoreiden kierrätyspumput irrotetaan reaktoreista huoltoa varten. Irrotusta varten reaktorit täytyy laittaa avauskuntoon, eli öljyt ja katalyytit poistetaan. Tämä on normaalia laajempi operaatio, joka vie aikaa ja se tapahtuu yleisesti suunnitelluissa pysäy-

tyksissä. Myös suunnittelemattomia pysäytyksiä on tullut ja häiriöstä johtuen kierrätyspumppu on lähtenyt korjaukseen. Katalyytin poisto voi viedä jopa kaksi viikkoa aikaa. Kierrätyspumput pyritään huoltamaan viiden vuoden välein, mutta esimerkiksi DC-71002:ssa huoltoväli oli kuusi vuotta. Viimeisin huolto tehtiin keväällä 2013 ja on suunniteltu, että kierrätyspumput otetaan tarkastukseen ja huoltoon seuraavan kerran vuonna 2018. [8]

Kierrätyspumppujen irrotuksen jälkeen, Neste Oililla suoritetaan puhdistus ja silmäämääräinen tarkastus. Pumppuja on arviolta alle viisikymmentä kappaletta maailmalla ja kaikki kunnossapitoon liittyvät huollot ja korjaukset tehdään poikkeuksetta pumpputoimittajan tehtaalla. Varaosia säilytetään Neste Oilin Porvoon varastolla ja tarvittavat osat lähetetään huoltoon lähtevän pumpun mukana. Vain hätätapauksessa, kun varapumppua ei ole ja kierrätyspumppu hajoaa, tulee pumpputoimittajan asiantuntija Porvooseen ja Neste Oilin oma kunnossapito korjaa pumpun heidän johdolla. Tämänkaltaista tilannetta ei kuitenkaan vielä ole käynyt, sillä lähes koko ajan Porvoossa on yksi kierrätyspumppu varastossa varalla. [8]

4.2.1 Huollon sisältö

Kun kierrätyspumput otetaan viiden vuoden välein huoltoon, ne puretaan paloihin ja kaikki mahdollinen tarkastetaan. 13.6.2012 kierrätyspumppu jouduttiin irrottamaan reaktorin koksaantumisen johdosta ja pumppu lähetettiin huoltoon pumpputoimittajalle 16.7.2012. Tästä esimerkiksi tehtiin havaintoja seuraavista osista: imukappale flappeerineen, diffuusori, sähkömoottorin roottori, sähkömoottorin staattori, radiaalilaakerit, painelaakerin palat, painelaakerin levy, öljyholkki, juoksupyörä, mekaaninen tiiviste, pumpun päädyn kiinnitysmutteri, sähkömoottorin kotelo, lämmönvaihdin kuorineen, tiivisteöljyn sisääntulon takaiskuventtiili, moottorin kaapelien läpivienti sekä kuljetus/säilytyskuori. [8]

Tämän lisäksi pumppuun vaihdettiin standardi toimenpiteenä suuri määrä ruuveja, aluslevyjä, tiivisteitä jne. Kasatulle kierrätyspumppulle tehdään sähköinen testaus, pysähtymisaika-testi (>20 s), sähköinen testaus pyörimyksen jälkeen, painekoe (380 bar). Edellä mainituista on muistio, joka on liitteessä 1. [8]

4.2.2 Huollon hintoja

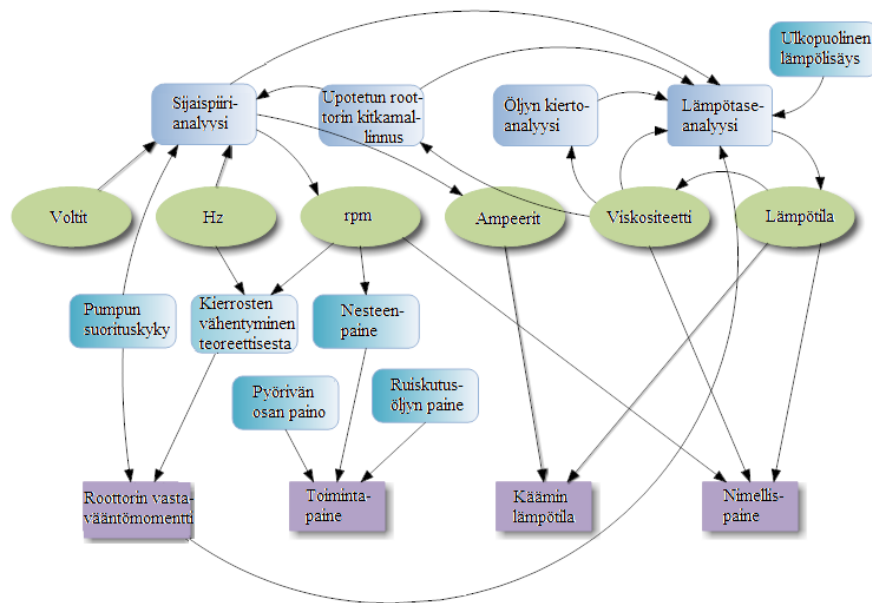
Salainen tieto

4.3 Kierrätyspumppujen kunnon seuranta

Kierrätyspumppujen kuntoa seurataan APEX-ohjelmalla, josta näkee sekä pumpuilta että reaktoreilta mitattavia suureita reaaliaikaisesti. Työkaluna kierrätyspumppujen seurantaan APEX-ohjelmaa käyttävät pumpputoimittajan asiantuntija, Neste Oilin konevas- taava sekä tuotantolinja 4:n käyttöhenkilökunta sisältäen käyttöinsinöörit ja valvomossa työskentelevät operaattorit.

APEX kerää tietoa jokaisesta LCF-reaktorista sekä kierrätyspumpusta ja lähettää kuu- kausittain raportin, josta nähdään kierrätyspumppujen sen hetkinen tila sekä voidaan havaita muutokset edellisiin kuukausiin. Reaktoreista mitataan lämpötiloja, tiheyttä ja kierrätyspumputta jännite, taajuus, pyörimisnopeus, ampeerit, lämpötila sekä tiivisteöl- jyn viskositeetti ja lämpötila. APEXin kertoo reaaliajassa moottorin kierrosnopeuden jättämästä verrattuna teoreettiseen, käämityksen lämpötilan, paineen nousun, paine- laakerin kalvon paksuuden, akselin vääntömomentin, näennäisen tiheyden ja jäljellä olevan käyttöiän. [26, s. 2]

APEXin käyttämässä vianmääritys virtauskaaviossa kuvassa 13 keskellä vihreällä poh- jalla ovat tulosuureet ja alhaalla violetilla pohjalla ovat lähtösuureet. Ylhäällä olevissa laatikoissa ovat analyysit, joiden avulla saadaan raportteja kierrätyspumpuista.



Kuva 13. APEX-ohjelman vianmääritys algoritmi. [26, s. 3, muokattu]

4.4 Tiivisteöljyn vaihdon vaikutus kierrätyspumpun käytettävyyteen

Pohdittaessa tiivisteöljyn vaihtoa reaktorien kierrätyspumpuille, nousee tärkeimmäksi kysymykseksi miten tiivisteöljyn vaihto vaikuttaa pumpun käytettävyyteen ja huoltoväleihin. Kierrätyspumppujen ottaminen huoltoon on niin iso projekti, että silloin poikkeuksetta koko tuotantolinja 4:lla on huoltopysäytys ja esimerkiksi keväällä 2013 reaktoreiden tyhjentämiseen kului noin kymmenen vuorokautta, pidentäen alasajoa. Ylösajossa reaktoreiden täyttö katalyytillä ei vie juurikaan ylimääräistä aikaa, kun samalla lämmitellään ja täytellään laitteita ja linjoja.

TL4 huoltopysäytysten kesto riippuu täysin sen sisällöstä ja ainakin vielä on vuoden välein vähintään koksinpoisto huoltopysäytys, jonka pituus on alas- ja ylösajoinen noin kolme viikkoa. Toinen ääripää on huoltopysäytys, jossa vaihdetaan MHC kiintopetireaktoreiden katalyytit, joka on huoltopysäytysten kriittinen polku ja voi viedä alas- ja ylösajoinen noin kaksi kuukautta. PÖY:n katteeseen vaikuttaa merkittävästi hintamaailma. [32]

Liitteessä 1 olevassa vuoden 2012 Neste Oilin kierrätyspumpun huoltoreportissa lukee seuraavaa. Valmistajan edustajat kehuivat erityisesti käytetyn tiivisteöljyn sekä jäähdytysnesteiden laatuja. Ennustivat pitkää ikää tällaisella käytöllä. Käyttöikä voi kuitenkin

pienentää esimerkiksi juoksupyörän ja imukappaleen kulumista aiheuttava toistuva katalyytin pääsy pumpun imuun. Tämä näkyy ulospäin pumppaustehon pienenemisenä ja siten suurempana kierroslukutarpeena.

Lisäksi keskusteluissa valmistajien edustajien kanssa on käynyt selväksi, että he eivät ole innostuneet Neste Oilin selvityksestä tiivisteöljyn vaihtoon kierrätyspumpuille. Heidän mukaansa muut käyttäjät maailmalla haluaisivat myös käyttää laadultaan samantyyppistä öljyä kuin Neste Oililla on käytössään tällä hetkellä. Kuvassa 14 näkyy Neste Oilin kierrätyspumpun staattorikäämit vasemmalla sekä erään kilpailevan yrityksen staattorikäämit oikealla.

Salainen tieto

Kuva 14. Kierrätyspumpun staattorikäämit. [8]

Kuvasta 14 voimme nähdä, kuinka hyväkuntoisena Neste Oilin kierrätyspumpulla staattorikäämit ovat säilyneet. Oikean puoleisen kuvan perusteella voi päätellä kilpailevan yrityksen käyttäneen ainakin korkean rikki- ja vaurioitumisen omaavaa tiivisteöljyä, joka on mustannut käämit ja näin lyhentänyt niiden käyttöikää. Moottorin käämien ollessa noin-kin mustuneet, ajan kuluessa pumpun jäähdytinkierukalla, paine- ja säteislaakereilla sekä mekaanisella tiivisteellä ilmenee vahingoittumista ja sen seurauksena ongelmia eli odottamattomia pysäytyksiä ja häiriöitä.

Kysymykseen tiivisteöljyn vaihdon vaikutuksista kierrätyspumpun käytettävyyteen on vaikea vastata ja selvitykseen mukaan otettujen tiivisteöljyjen analysoinneista saatavat tulokset lähetetään Hollantiin pumppuvalmistajan edustajalle Werner Pottersille. Hän käy läpi tulokset ja arvioi tiivisteöljyvaihtoehtojen käytettävyyttä. Tämä on ainoa tapa,

koska kierrätyspumput ovat niin kriittisiä ja korkeahintaisia, että tiivisteöljyä ei voida kokeilemalla etsiä.

5 Tiivisteöljy

LCF-reaktoreiden kierrätyspumpuilla käytetään tiivisteöljyä sähkömoottorin eristämiseen, jäähdytykseen ja laakereiden voitelemiseen. Lisäksi tiivisteöljy estää likaisen prosessiöljyn pääsyn pumpulle tiivistämällä mekaanisen tungstenkarbiditiivisteeseen.

5.1 Laatuvaatimukset

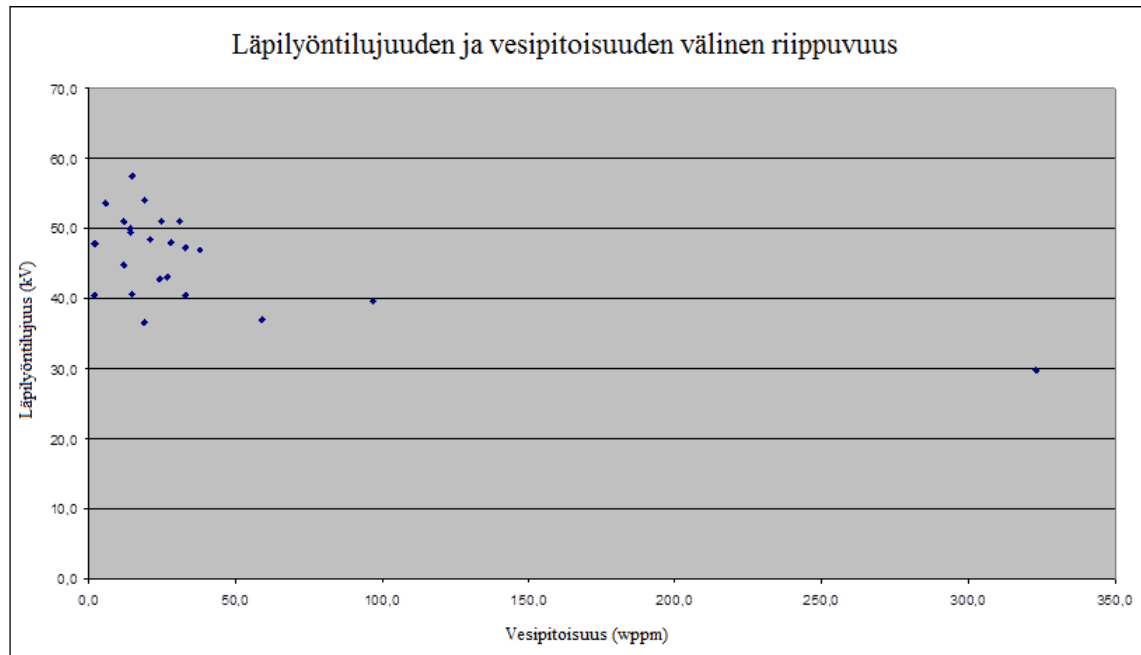
Kierrätyspumpuille syötettävän tiivisteöljyn täytyy olla suodatettua kiintoaineista, hyvin kuivaa, toimia hyvänä eristeenä ja voiteluominaisuudet pitää olla hyvät. Tästä syystä pumpputoimittajan toimittamat tiivisteöljyn laatuvaatimukset ovat hyvin tarkat.

Pumpputoimittajan ohjeet tiivisteöljyn laatuvaatimuksista tärkeysjärjestyksessä:

1) Läpilyöntilujuus voltteina mitattuna

suositeltava	minimi
>25 000 V	10 000 V

Alle kymmenen tuhatta voltia oleva matala läpilyöntilujuus ilmaisee tiivisteöljyn sisältävän vettä tai muuta epäpuhtautta kuten partikkeleita, joka saattaa lyhentää moottorin käämien ja liitäntöjen elinikää. Lisäksi liikaa kosteutta sisältävä tiivisteöljy ei toimi eristeenä ja näin ollen sähkömoottorin käämi menee oikosulkuun. Suunnitteluperusteissa läpilyöntilujuuden suositelluksi rajaksi on nostettu yli >40 000 voltia, joka vastaisi 40 ppm kosteuspitoisuutta. Ylärajaa läpilyöntilujuudelle ei ole, eli korkeasta läpilyöntilujuudesta ei ole haittaa. Kuvasta 15 ilmenee läpilyöntilujuuden ja kosteuden välinen riippuvuus. Alhaisemman vesipitoisuuden omaava öljy kestää kovempaa jännitettä, eli tulos on korkeampi läpilyöntilujuus.



Kuva 15. Lämpilyöntilujuuden ja vesipitoisuuden riippuvuus. [19, s. 7, muokattu]

2) Viskositeetti vs. lämpötila

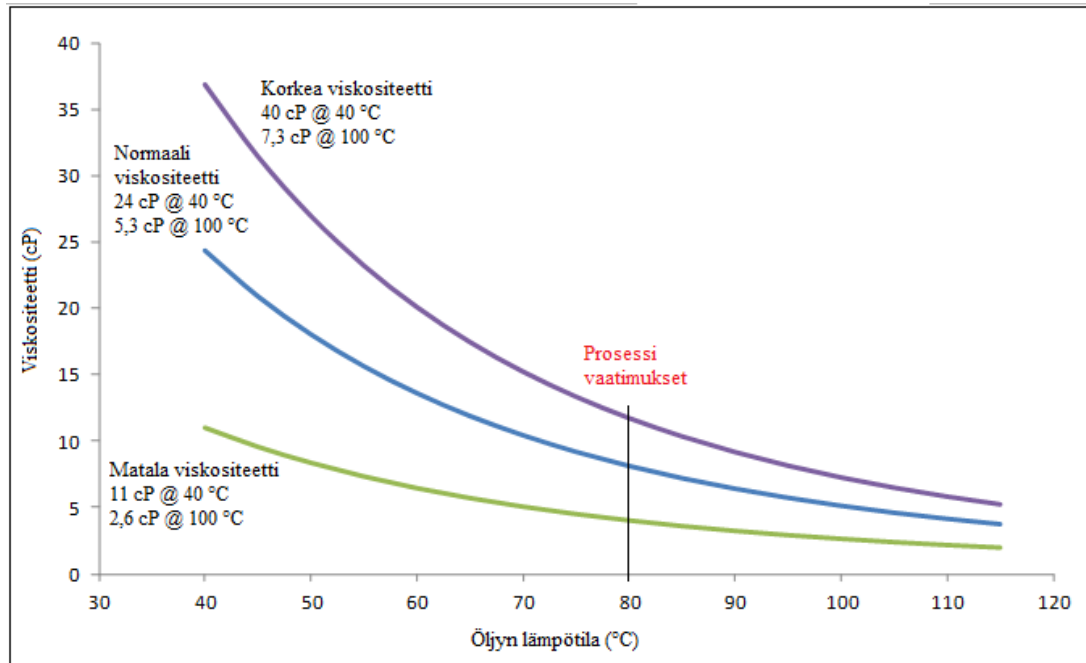
maksimi	suositeltava	minimi
38 cP @ 40 °C	28 cP @ 40 °C	19 cP @ 40 °C
8 cP @ 100 °C	6 cP @ 100 °C	4 cP @ 100 °C

On tärkeää, että tiivisteöljyn dynaaminen viskositeetti asettuu edellä esitettyihin rajoihin. Viskositeetin ollessa yli maksimin voi moottorin käämityksen lämpötilaraja ylittyä täydellä kuormalla. Tällöin tiivisteöljy ei ole enää niin juoksevaa ja myös laakerien voitelu huononee.

Alle viskositeetin minimirajan oleva tiivisteöljy huonontaa laakerin voitelua, jolloin painelaakeri joutuu kovemmalle rasitukselle. Tällöin kierrätyspumpun kierrosluvun yläraja joudutaan rajoittamaan esimerkiksi 1400 r/min:iin, tätä korkeammilla kierroksilla laakerit kuumentuvat ja leikkautuvat kiinni, estäen pumpun pyörimisen. Tämä ei kuitenkaan normaaliajossa ole ongelma, koska kierrätyspumpun pyörimisnopeus pysyttelee alueella 1050–1150 r/min.

Pumppuvalmistajan edustajalta kuva 16 esittää, kuinka viskositeetti laskee lämpötilan noustessa ja kuinka viskositeetiltaan eri laatuiset öljyt käyttäytyvät lämpötilan muuttu-

essa. Prosessivaatimuksissa kierrätyspumulla on noin 80 °C:n lämpötila ja matalamman viskositeetin omaavalla tiivisteöljyllä voiteluominaisuudet heikkenevät merkittävästi tässä lämpötilassa, jolloin kierrätyspumun kierroksia joudutaan rajoittamaan. [3]



Kuva 16. Viskositeetin riippuvuus lämpötilasta. [3, muokattu]

3) Rikkipitoisuus painoprosentteina

suositeltava	maksimi
<0,35 Wt-%	1 Wt-%

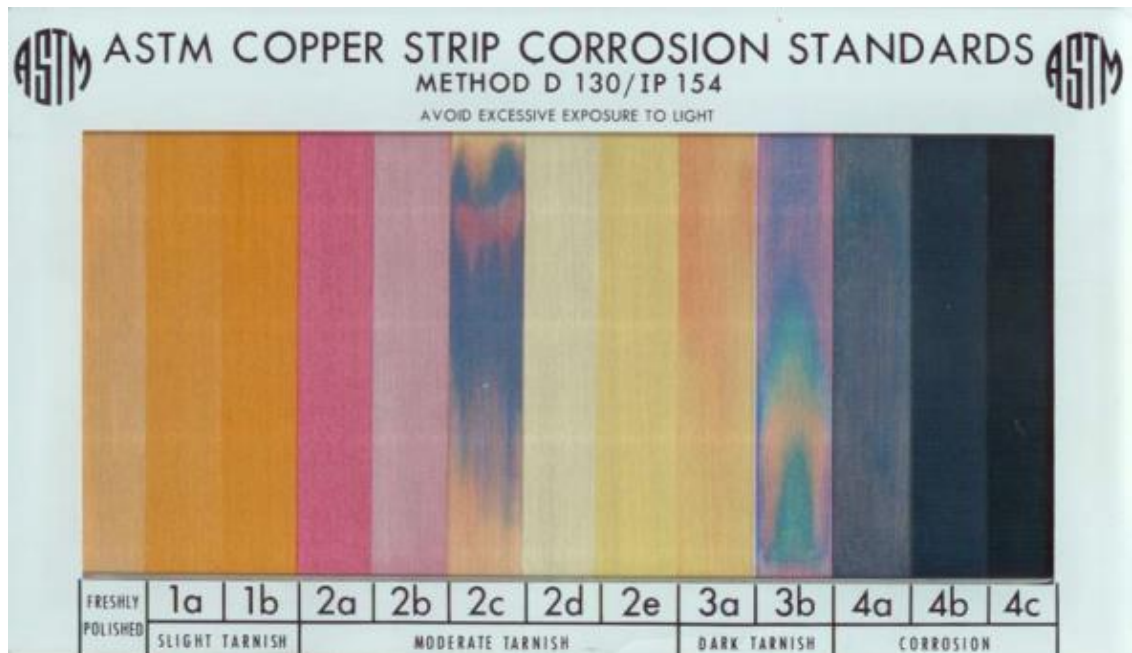
Suurempi kuin yhden prosentin rikkipitoisuus aiheuttaa moottorin sisäpinnoissa mustumista ja ajan kuluessa lyhentävät sähkömoottorin käämien käyttöiän lisäksi jäähdytinkierukan, laakereiden ja mekaanisen tiivisteen käyttöikää. Suositeltavan rikkipitoisuuden rajasta ei löytynyt varmaa tietoa. [3]

4) Kupariliuskatesti

suositeltava	hyväksyttävä
1a	1b

Kupariliuskatestissä arvioidaan testattavan öljyn aiheuttamaa kuparikorroosiota kuparilevyyn ja verrataan sitä ASTM (American Society for Testing and Materials) korroosio-

standardiin. Kuvassa 17 on ASTM korroosiostandardi, johon verrataan kuparilevyä ja josta saadaan kuparikorroosiotulos.



Kuva 17. ASTM korroosiostandardi. [30, muokattu]

Rikkiyhdisteet öljytuotteissa lisäävät öljyn korroosiota aiheuttavaa vaikutusta. Moottorin staattori- ja roottorikäämit ovat kuparia, joten tiivisteöljy ei saa vaikuttaa kuparin kemiallisiin ominaisuuksiin ja näin vahingoittaa niitä. [3]

Tiivisteöljyn kuparikorroosion sallitaan olla vähäistä tummuneisuutta, jolloin tulokset 1a ja 1b ovat sallitun rajoissa, mutta 2a tai sitä huonompi tulos aiheuttaa ajan kuluessa vauriota moottorin käämitykselle.

Kierrätyspumpun käsikirjasta saadut tiivisteöljyn laatuvaatimukset ovat esitettynä taulukossa 4. Taulukosta nähdään selvästi tiivisteöljylle asetetut laaturajat.

Taulukko 4. Kierrätyspumpun tiivisteöljyn laatuvaatimukset. [17, s. 13, muokattu]

Salainen tieto

Kaikki taulukossa 4 esitetyt laaturajat ovat hyvin tärkeitä, mutta esimerkiksi viskositeetin osalta tällä hetkellä käytössä oleva prosessiöljy PROVHZ on ajotapamuutosten vuoksi ajoittain ollut liian juoksevaa. Vaikka tämä on ensiluokkaista tiivisteöljyä, niin sekään ei aina pysy laadussaan kaikkien vaatimusten puitteissa, tosin kierrätyspumpun pyörimisnopeuden ylärajan rajoittamiseen se ei ole johtanut.

5.2 Tiivisteöljyjärjestelmän suunnitteluperusteet

Tiivisteöljyjärjestelmän suunnitteluperusteissa vuonna 2005 on valittu kierrätyspumppujen tiivisteöljyksi normaalisti käytettäväksi LCF TT:n yhdistetty KAKTK+KAKTR-jae. TL4:n käynnistyksessä käytettäväksi hydrattua tyhjökaasuöljyä OSBL KARH:a ja mikäli LCF TT:n yhdistetty jae ei ole laadussaan, niin varalla MHC jakotislauskolonnin vähärikkinen pohjatuote MHC ÖP. Vähärikkinen pohjatuote oli suunniteltu myös ajettavaksi mahdollisesti lisäsyötöksi KAKTK+KAKTR-jakeen sekaan.

Nämä kaikki syötteet suunniteltiin kuivattavan tiivisteöljykuivaimen PA-71004 avulla ennen kierrätyspumppuille syöttämistä. Tiivisteöljyn hankintamäärittelyn päivityksessä tiukennettiin läpilyöntilujuusvaatimusta yli neljäänkymmeneentuhanteen volttiin. Tiivisteöljykuivain toimittajan mukaan kuivaimella päästään viidenkymmenentuhannen voltin arvoihin, normaali käynnin aikana kerran läpi ajettaessa ja laitosta käynnistettäessä

tarvittaessa useamman kerran läpi ajolla. Pumpputoimittaja oli hyväksynyt kuivaimelle suunnitellut syötöt viskositeetiltaan ja muilta ominaisuuksiltaan. [27]

Neste Jacobsin Martti Ruskoaho kertoi suunnitteluperusteista seuraavaa: Lisensori CLG määritteli tiivisteöljykuivaimen tarpeen PÖY:n EDP suunnittelupaketissaan vuonna 2002–2003.

Vaikka tiedossa alustavasti olikin kokemuseräisesti, että normaalioperoinnissa tyhjö-
tislattun KAKTK:n ja KAKTR:n vesipitoisuus on alhainen (hyvä läpilyöntilujuus), niin lisensori todennäköisesti halusi varmentaa suunnittelussa (siis ennen kuin on varsinaista tuotteiden analysointidataa), että tarvittaessa olisi laitteisto VAC KAKTK:n ja KAKTR:n vesipitoisuuden alentamiseksi. VAC:n mahdollisessa häiriössä (vakuumin heikkeneminen) voisi toisaalta KAKTK:n ja KAKTR:n kosteuspitoisuus kasvaa heikentäen väliaikaisesti läpilyöntilujuutta.

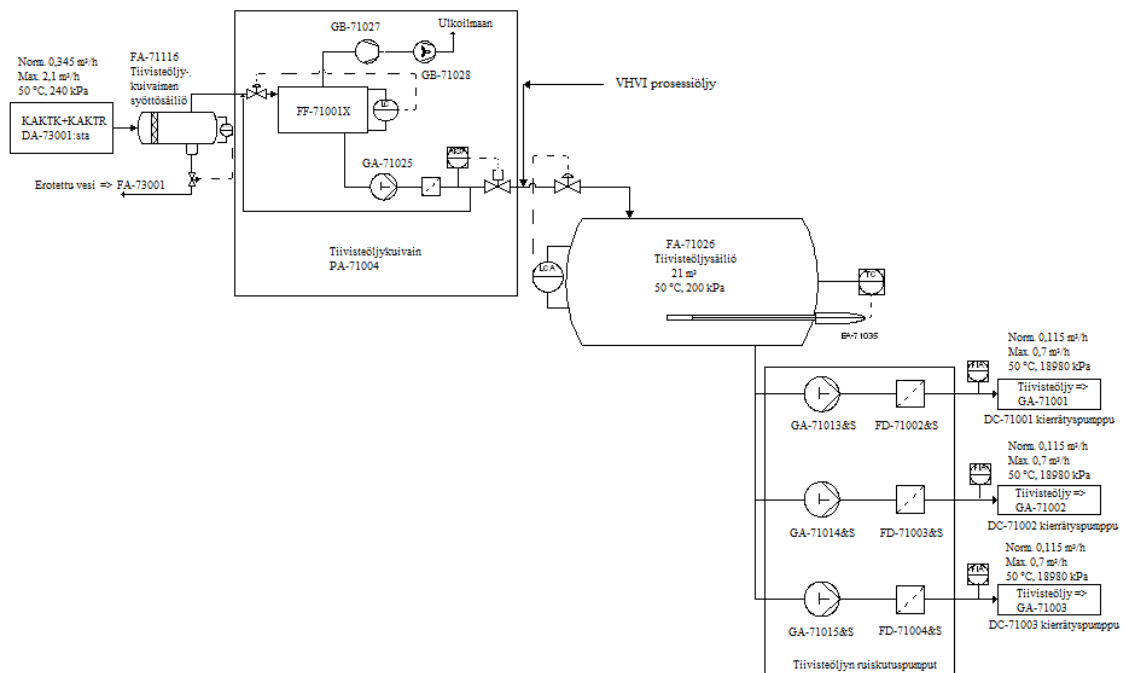
Myöhemmin vuonna 2007 kuivainpaketin käyttöönotto valmisteluiden yhteydessä havaittiin koekäytössä pahoja luotettavuusongelmia, joten jouduttiin etsimään tehtävään sellaisenaan soveltuva tiivisteöljy. Tällainen löytyi ja pumpputoimittajalta varmistettiin VHVI prosessiöljyn soveltuvuus tältä osin kierrätyspumppujen tiivisteöljyksi. Hyväksyntä tuli ja VHVI prosessiöljyn siirtolinja PÖY:lle ja tiivisteöljyn syötöksi toteutettiin pika-työnä vuoden 2007 talven ja kevään aikana. Prosessiöljy ei tarvitse kuivausta, eikä sitä kuivaimen kautta ole ajettu. Riskeinä mainittakoon, että ennen PÖY:lle ajoa prosessiöljyä jäähdytetään höyrykehittimessä ja tuubivuodon sattuessa prosessiöljyssä on vettä. [27]

5.3 Tiivisteöljyjärjestelmä

Kierrätyspumppun sisäisen sähkömoottorin pito öljytäytössä on varmennettu alkutäytöllä ja lisäruiskutuksen avulla. Kierrätyspumppuille syötetään tiivisteöljyä jatkuvasti käyntitilasta riippumatta. Tämä varmennetaan pitämällä tiivisteöljypumput käynnissä dieselgeneraattori virransyötöllä, automaattikäynnistyksellä sekä tiivisteöljysäiliön pitkällä viipymäajalla. [19, s. 2]

Tiivisteöljyjärjestelmä sisältää tiivisteöljykuivaimen syöttösäiliön FA-71116, tiivisteöljykuivaimen FF-71001X, tiivisteöljysäiliön FA-71026, tiivisteöljyn ruiskutuspumput GA-

71013&S, GA-71014&S ja GA-71015&S sekä tiivisteöljysuodattimet FD-71002&S, FD-71003&S ja FD-71004&S, jotka ilmenevät kuvasta 15. [19, s.2]



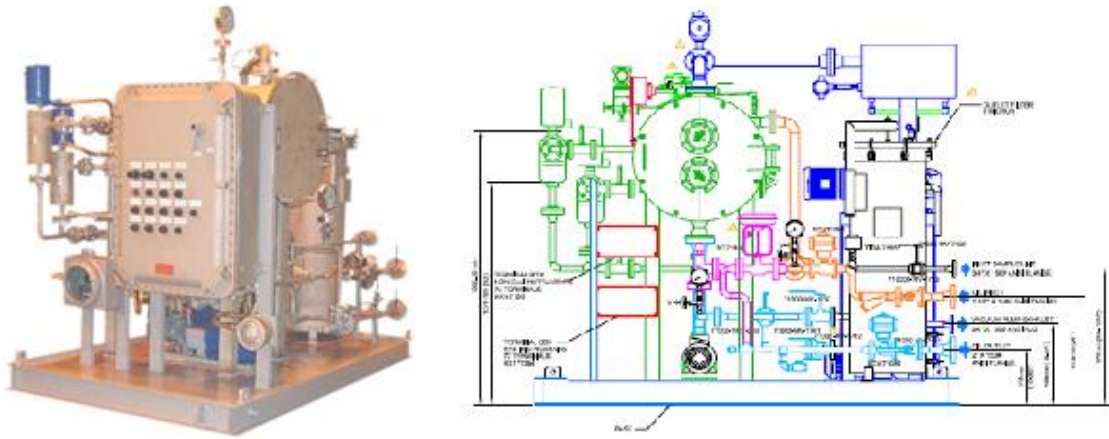
Kuva 18. Kierrätyspumputtiivisteöljyjärjestelmän virtauskaavio. [19, s. 4, muokattu]

Tiivisteöljykuivain PA-71004 ei ole käytössä tällä hetkellä ja näin ollen VHV1-yksikön prosessiöljyä käytetään tiivisteöljynä ja sitä syötetään säiliöön FA-71026. Tämä tapahtuu kerran vuorokaudessa kertatäytöllä, jolloin VHV1-yksikön prosessiöljy käännetään kokonaan FA-71026:een ja meno varastoon suljetaan. VHV1-yksikön ajotavasta riippuen säiliön täyttö vie aikaa muutamia tunteja. Tiivisteöljyn ruiskutuspumput syöttävät tiivisteöljyä kierrätyspumpeille nostaen paineen hiukan yli reaktorin paineen.

5.3.1 Tiivisteöljykuivain PA-71004

Kierrätyspumppujen tiivisteöljyn kuivain on erään Yhdysvaltalaisen yrityksen lisensoima laite ja sen tehtävänä on vähentää KAKTK+KAKTR-virrassa olevaa vähäistä vesimäärää (noin 50 ppm) hyväksyttävään arvoon, jossa käsiteltävän öljyn läpilyöntilujuus on suositeltavaa olla >40 000 voltia ja vesipitoisuus enintään 40 ppm. Tällöin se soveltuisi käytettäväksi tiivisteöljynä LCF-reaktorien leijutuspumpeissa. [19, s. 2]

Kuivaimen periaate on tyhjökuivauksen avulla erottaa vesi öljystä kaasufaasissa. Näin vesi voidaan poistaa vaikuttamatta emulsioasteeseen. Höyrystymisprosessi on riippumaton painovoimasta, jolloin voidaan sitkeimmätkin stabiilit emulsiot puhdistaa. [28, s. 3] Kuvassa 19 nähdään tiivisteöljykuivaimen laitepaketti sekä isometrikuvaa.



Kuva 19. Öljynkuivainpaketti PA-71004. [19, s. 6]

Kuivaimelle syötettävä öljy saapuu tyhökammioon öljyn hajotukseen käytettävän kennon läpi pudoten toisen vaiheen öljyn hajotuslevylle. Nämä kaksi vaihetta levittävät öljyn ohueksi kalvoksi maksimoiden pinta-alan, jolle tyhjö vaikuttaa. [28, s. 2]

Kuivattava öljy kulkee huokoisen materiaalin läpi, joka suorittaa neljää öljyn tehokkaalle puhdistamiselle olennaista tehtävää. [28, s. 3]

- 1) Saattaa alkuun ja kiihdyttää veden höyrystymistä, lisäten vedenpoiston hyötysuhdetta ja nopeutta.
- 2) Jakaa öljyn ohueksi kalvoksi suurelle pinnalle ja särkee höyrykuplat, vähentäen tehokkaasti öljyn vaahtoamista.
- 3) Hidastaa tai pysäyttää vesipisaroiden syntyä lisäten näin vaikutusaikaa. Tehostaa myös lämmönsiirtoa öljyn ja vesipisaroiden välillä tuomalla vesipisaran kosketuksiin suuremman öljytilavuuden kanssa, parantaen lämmönsiirron edellytyksiä.
- 4) Suodattaa myös kiintoainepartikkeleita öljystä, tyhökammioelementtien ansiosta mahdollistaa 15 µm halkaisijaan asti kiintoaineiden suodatuksen. [28, s. 3]

Laitetoimittajan ilmoituksen mukaan kuivaimella päästään 5 ppm kosteuspitoisuuteen ja yli 50 000 voltin läpilyöntilujuuteen. [27]

5.3.2 Tiivisteöljykuivaimen käyttöongelmat

Kuivainta on aika ajoin koeajettu, viimeksi vuoden 2011 loppupuolella ja 2012 alkupuolella, jolloin mitään ihmeempiä häiriöitä ei ollut. Kuivainta koeajettaessa öljy ajetaan kuivaimen kautta ATM-yksikön maanalaiseen säiliöön, jota ennen näyte otetaan.

Tiivisteöljykuivaimen suurimmaksi ongelmaksi koituivat vakuumpumppujen epäluotettavuus. Tyhjö kuivaimella saadaan aikaan sarjaan asennetuilla vierintäpumpulla GB-71027 ja kiertosiipipumpulla GB-71028. Kiertosiipipumppu tarvitsee tiivisteöljyä vierintäpumpun toimiessa kuivana. Kokemusten perusteella kuivainta on koeajettu vain kiertosiipipumpulla, tyhjön jopa heikentyessä molempien pumppujen ollessa käynnissä. Lisäksi pumput ovat ottaneet ylivirtaa niiden ollessa käynnissä yhtä aikaa. [29, s. 1]

Pumput ovat olleet epäluotettavia moottoreiden kiinni leikkautumisen myötä. Yleisimpiä kiertosiipipumpulla esiintyneitä ongelmia on vesihöyryn tiivistyminen nesteeksi pumpulla puristusvaiheessa. Tämä estetään typpihuuhtelulla, jonka tarkoituksena on avata poistoventtiili ennen kuin saavutetaan kylläisen höyryn osapaine vallitsevassa lämpötilassa. Jos pumppuun kerääntyy nestettä, puristuspaine alenee ja lopulta poistoventtiili ei avaudu. Nesteen alkaessa kerääntymään pumpulla, lopputyhjö huononee, voiteluöljyn laatu heikkenee ja sekä kulumisen että korroosio lisääntyvät, jonka seurauksena voi olla laakerien kiinnileikkautuminen. [29, s. 2]

Kaasuhuuhtelulla voidaan myös todeta mahdollisten epäpuhtauksien esiintyminen pumpussa. Jos typpihuuhteluventtiiliä avattaessa imupaine paranee ja sulkemisen jälkeen huononee hitaasti, on öljyssä korkean höyrynpaineen omaavia epäpuhtauksia, jolloin öljy on vaihdettava. Lisäksi tiivisteöljyn laatu vaikuttaa epäpuhtauksien kerääntymiseen pumpussa. [29, s. 2]

Epäilyksen alaisena on kuivaimen tiiveys, kommenttien perusteella kuivaimen läpimentyään öljyn kosteus on vain lisääntynyt, jolloin tyhjäkammioon on täytynyt päästä jostain kautta kosteutta. Jos kuivainta vielä halutaan koeajaa tosissaan, niin tyhjäpumput täytyy saada toimimaan ongelmitta, jotta voitaisiin keskittyä tarkasteltavan tiivisteöljyn laadun seurantaan ottamalla näytteet ennen ja jälkeen kuivaimen. Näin nähtäisiin laskeeko öljyn kosteuspitoisuus kuivaimen jälkeen. Lisäksi kuivattavan öljyn kosteuspitoisuus täytyisi olla korkeampi, kuin LCF TT jotta kuivaaminen olisi mahdollista. [29, s. 2]

5.3.3 Kuivaimen koeajot

Tiivisteöljykuivaimen koeajoista on kerätty läpilyöntilujuuksia ylös ennen ja jälkeen kuivainta ja ne ovat esitettynä seuraavana päivämäärien 19–21.12.2007 välisenä aikana.

Taulukko 5. Läpilyöntilujuustulokset ennen ja jälkeen kuivaimen. [41, muokattu]

19.12.2007	Syöttö		Tuote	
Läpilyönti	Läpilyöntijännite /kV		Läpilyöntijännite /kV	
	Mittausarjat		Mittausarjat	
	1.	2.	1.	2.
1	68,3	43,6	54,0	64,8
2	54,7	24,5	50,2	62,2
3	64,5	26,8	60,6	72,3
4	71,5	57,1	55,8	64,9
5	62,1	39,4	61,4	62,8
6	51,7	43,1	65,9	67,5
Keskiarvo	62,13	39,08	57,98	65,75
Läpilyöntilujuus	50,61 kV		61,87 kV	
20.12.2007	Syöttö		Tuote	
Läpilyönti	Läpilyöntijännite /kV		Läpilyöntijännite /kV	
	Mittausarjat		Mittausarjat	
	1.	2.	1.	2.
1	42,5	49,2	73,1	48,1
2	12,9	27,8	52,6	55,7
3	28,6	26,2	76,9	65,3
4	39,3	33,2	69,0	78,9
5	43,1	40,6	60,9	66,6
6	52,2	37,7	73,1	49,1
Keskiarvo	36,43	35,78	67,60	60,62
Läpilyöntilujuus	36,11 kV		64,11 kV	
21.12.2007	Syöttö		Tuote	
Läpilyönti	Läpilyöntijännite /kV		Läpilyöntijännite /kV	
	Mittausarjat		Mittausarjat	
	1.	2.	1.	2.
1	47,4	65,8	41,0	62,8
2	60,7	51,1	59,2	34,1
3	61,7	42,9	47,3	34,8
4	60,3	48,7	64,5	50,0
5	57,7	57,7	46,3	73,0
6	60,1	42,1	64,3	48,2
Keskiarvo	57,98	51,38	53,77	50,48
Läpilyöntilujuus	54,68 kV		52,13 kV	

Läpilyöntilujuuskokeita on tehty tiivisteöljykuivaimen syötöstä ja tuotteesta kaksi sarjaa, joissa on tehty kuusi mittauksia. Näistä kuudesta lasketaan keskiarvot, jotka on yhdistetty ja jaettu kahdella, josta on saatu läpilyöntilujuuden tulos. Tuloksia tarkasteltaessa huomaa, että yhdeksästoista ja kahdeskymmenes päivä kuivaimelle syötettävän öljyn läpilyöntilujuus on noussut kuivaimen jälkeen huomattavasti. Näin voidaan todeta öljyn

kosteuspitoisuuden laskeneen selvästi kuivaimen jälkeen. Ainoastaan 21. päivän tulokset näyttävät oudoilta syötön läpilyöntilujuuden ollessa korkeampi kuin tuotteen läpilyöntilujuus. Öljy on siis todennäköisesti kerännyt kosteutta itseensä kuivaimessa.

5.4 Kokemukset muilta käyttäjiltä

Salainen tieto

5.4.1 Slovnaft

Salainen tieto

5.4.2 Milazzo

Salainen tieto

5.4.3 Tonen

Salainen tieto

5.4.4 Muiden käyttäjien tiivisteöljyn ominaisuudet

Salainen tieto

5.5 Tutkittavat öljyt

Työssä kartoitetaan selvitykseen otettavat tiivisteöljyt, joille tehdään analysointijakso, jotta voidaan tehdä johtopäätöksiä potentiaalisten tiivisteöljyvaihtoehtojen suhteen. Aiemmista laboratoriotuloksista saatujen tietojen perusteella tiedettiin, mitkä öljyjakeet olisivat potentiaalisia vaihtoehtoja tiivisteöljyksi ja näin selvitykseen mukaan otettavat öljyjakeet rajautuivat selkeästi. Tutkittaviksi tiivisteöljyvaihtoehtoiksi valittiin VAC-yksikön KAKTK- ja KAKTR-jakeet, MHC-yksikön pohjaöljy (MHCÖP) ja VHVI-yksikön KAVHZ (VHVI:n kaasuöljy).

5.5.1 KAKTKLCF

Mukana tutkimuksessa, koska on suunnitteluperusteissa tiivisteöljynä prosessin normaaliajossa. Lisäksi aiempien kokemusten perusteella sisältää hyvin vähän vettä, joten läpilyöntilujuus on hyvä, jolloin kuivausta ei tarvita. Aiempien analyysien perusteella viskositeetti on myös vaatimukset täyttävä. VAC-yksikön kuvaus on luvussa 2.5.

5.5.2 KAKTRLCF

Mukana tutkimuksessa, koska on suunnitteluperusteissa tiivisteöljynä prosessin normaaliajossa. Lisäksi aiempien kokemusten perusteella sisältää hyvin vähän vettä, joten läpilyöntilujuus on hyvä, jolloin kuivausta ei tarvita. Aiempien analyysien perusteella viskositeetti on myös vaatimukset täyttävä. VAC-yksikön kuvaus on luvussa 2.5.

5.5.3 ÖPMHCZ

Valittiin mukaan selvitykseen, koska on tiivisteöljyjärjestelmän varasyöttönä suunnitteluperusteissa ja on hyvin vähärikkistä sekä omaa korkean viskositeetin. Tämän lisäksi otetaan ainakin yksi näyte varastosta saatavasta vähärikkisestä tyhjökaasuöljystä (KARH), joka on myös tiivisteöljyjärjestelmän suunnitteluperusteissa syöttönä sekä varalla että ylös- ja alasajoissa. MHC-yksikön kuvaus on luvussa 2.3.

5.5.4 KAVHZ

KAVHZ on yksi VHVI-yksikön (Very High Viscosity Index, korkean viskositeetti-indeksin perusöljy-yksikkö) tuotteista. VHVI on CLG-yhtiön (Chevron Lummus Global) lisensoima ja ollut Porvoon Neste Oililla käytössä vuodesta 1997 lähtien. VHVI:n suunnittelusyöttö on 40 t/h. Yksikön tarkoitus on vetypaineen ja katalyytin avulla prosessoida syöttö-öljy voiteluainekomponentiksi. VHVI on korkeapaineyksikkö, joka kuuluu reaktoriosaan, sisältäen kaksi reaktoria ja tislausosan, joka sisältää painetislaus- ja tyhjiötislauskolonnin. VHVI:n tuotteita ovat bensiini (BEVHZ), kaasuöljy (KAVHZ), prosessiöljy (PROVHZ) ja pohjaöljy (VHVIZ). [31, s. 10]

VHVI:n perusöljyistä voidaan valmistaa lisäainelisäyksellä voiteluaineita, joita käytetään monipuolisesti moottori- ja vaihteistoöljyissä, ohjaustehostimissa, iskunvaimentimissa ja raskaan kaluston moottori- ja voimansiirtoöljyissä. [31, s. 12]

VHVI:n prosessiöljy on tällä hetkellä käytössä LCF-reaktoreiden kierrätyspumppujen tiivisteöljynä. Prosessiöljy on vedetöntä ja viskositeettialue on sopiva tiivisteöljyn vaatimukseen. VHVI-yksikön ajotapa muuttuu ajoittain ja ajoittain KAVHZ:ta olisi myös mahdollista käyttää tiivisteöljynä kierrätyspumppuilla. Vuonna 2012 VHVI-yksikön käyttökäytännöllä oli halu vaihtaa prosessiöljy kaasuöljyksi kun sen laatu olisi ajotavan muuttuessa parempaa. Läpilyöntilujuus ja muutkin ominaisuudet KAVHZ:lla ovat tällöin laatuvaatimusten rajoissa.

Jos KAVHZ osoittautuisi parhaimmaksi vaihtoehdoksi tutkittavista tiivisteöljyistä, sitä voitaisiin käyttää vain ajoittain, kun ajotapa sen sallii ja kun ajotavan muutoksen johdosta kaasuöljyn laatu huonontuisi, vaihdettaisiin prosessiöljy takaisin tiivisteöljyksi. KAVHZ:n viskositeetti on melko alhainen ja jos se pysyy alle asetettujen minimirajojen, täytyy kierrätyspumppun kierrosnopeuden ylärajaa rajoittaa tai moottori ja sen aksiaali-laakerit ylikuumentuvat. Tosin pyörimisnopeuden yläraja rajoittuisi 1400 r/min, eikä normaaliolosuhteissa näihin lukuihin ylletä. [3]

5.6 Öljyjen hintavertailu

Työssä oli tarkoitus selvittää potentiaaliset tiivisteöljyvaihtoehdot kierrätyspumppuille. Tuotannonohjaukselta saadaan valituille tiivisteöljyvaihtoehdoille hinnat ja niiden perusteella arvioidaan tiivisteöljyn vaihdon kustannushyötyä.

Selvitykseen mukaan otettavien öljyjen hinta määräytyy maailmanmarkkinatilanteen mukaan. Näin ollen hinta vaihtelee päivittäin ja esimerkiksi VHVI-yksiköstä saatavien perusöljyjen hinnat ovat markkinaherkkiä ja nyt on ylitarjontatilanne. Tästä syystä niiden hinnat ovat tulleet voimakkaasti alas viimeisen vuoden aikana. Seuraavat hinnat ovat USD ja päivämäärällä 19.12.2013 ja ne muuttuvat päivittäin. Öljyjen hinnat on saatu jalostusmarginaaliraportista. [32]

5.6.1 KAKTKLCF

Salainen tieto

5.6.2 KAKTRLCF

Salainen tieto

5.6.3 ÖPMHCZ

Salainen tieto

5.6.4 PROVHZ ja KAVHZ

Salainen tieto

Yllä olevien kaavojen Brent dated luvut ovat päivämäärällä 19.12.2013 ja seuraavana esitetään päivämäärällä 29.9.2013 lasketut hinnat. Lukemista voi nähdä perusöljyjen hinnan vaihtelun ajan kuluessa. [32]

Salainen tieto

Mitä korkeampi kinemaattinen viskositeetti 100 °C:ssa on, niin sitä arvokkaampaa tuote on ja yli 4 mm²/s viskositeetin öljy on jo huippuluokan jae. [32]

Kun kierrätyspumput ovat huollossa, ei tiivisteöljyä tietenkään kulu ollenkaan, mutta jos huoltopysäytyksen aikana ei mennä reaktoreihin, ovat kierrätyspumput käynnissä ja niille syötetään tiivisteöljyä.

Seuraavaksi lasketaan vuosikustannukset VHVI:n prosessiöljylle ja yhdistetylle KAKTKLCF- ja KAKTRLCF-jakeelle, joita arvioidaan olevan puolet kumpaakin ja lasketaan vaihdolla saatava säästö vuositasolla. Laskelmat ovat päivämäärän 19.12.2013 hintojen mukaiset.

Salainen tieto

Aiemmin on laskettu, että jos edellä mainitut jakeet otetaan tiivisteöljyksi, on se pois MHC:n syötöstä ja tämä korvataan varasto KART:lla (Tyhjötislauksen rikillinen kaasuoöljy). Tällöin vuositason säästöstä pitää vähentää varasto KART:n lisäkustannus. Kun asiaa miettii tarkemmin, niin tiivisteöljy poistuu kierrätyspumpulta reaktoriin prosessoitavan öljyn sekaan ja kulkeutuu sieltä takaisin VAC-yksikön tislauskolonniin KAKTK:ksi ja KAKTR:ksi, jolloin tiivisteöljyllä on sisäinen kierto LCF-yksikössä. Tällä päättelyllä voidaan todeta, että kun tiivisteöljykierto on sisäinen, niin se ei ole pois MHC:n syötöstä ja edellä esitetyt säästölaskelmat ovat pitäviä. Päätelmä perustuu faktaan, että näille jakeille ei tapahdu krakkaantumista LCF-reaktoreissa. [40]

Jos VHVI:n kaasuoöljyä käytettäisiin tiivisteöljynä, olisi se käytössä ajoittain VHVI:n ajoittavan sen salliessa. Tällöin kaasuoöljyn laatu olisi vaatimukset täyttävä ja voidaan arvioida tämän olevan maksimissaan puolet vuoden päivistä. VHVI:n kaasuoöljyn vuosikustannus kierrätyspumppujen tiivisteöljynä on seuraava:

Salainen tieto

Puolen vuoden ajan tiivisteöljynä olisi VHVI:n prosessiöljy ja puolen vuoden ajan kaasuoöljy, tällöin vuositasolla säästöä kertyisi seuraavasti:

Salainen tieto

Vaihtamalla tiivisteöljy prosessiöljystä kaasuöljyksi saadaan vuositasolla melko pieni säästö, lisäksi VHVI-yksikössä täytyy rakentaa putkilinja KAVHZ:n varastolinjasta PÖY:lle lähtevään linjaan.

Käytettäessä MHC:n pohjaöljyä kierrätyspumppujen tiivisteöljynä vuosikustannus on seuraava:

Salainen tieto

Vaihtamalla tiivisteöljyksi MHC:n pohjaöljy vuositasolla säästöä kertyy seuraavasti:

Salainen tieto

Käyttämällä tiivisteöljynä MHC:n pohjaöljyä, vuositasolla säästöä kertyy huomattavasti. MHC:n pohjaöljyn vesipitoisuus on liian korkea, jotta se kelpaisi sellaisenaan kierrätyspumppujen tiivisteöljyksi, joten se täytyisi kuivata tiivisteöljykuivaimella.

6 Kokeellinen osa

Työn soveltavassa osassa on tarkoitus suorittaa analysointijakso selvitykseen valituille tiivisteöljyille. Analysoinnit suoritetaan Neste Oilin Porvoon jalostamon laboratoriossa.

6.1 Analyysit

Tehtävät analyysit ovat seuraavat:

1) VISKO40°C ja VISKO100°C, määritetään öljyn kinemaattinen viskositeetti ν 40 °C:n ja 100 °C:n lämpötilassa ja lasketaan dynaaminen viskositeetti μ kertomalla kinemaattinen viskositeetti tiheydellä ρ .

$$\mu = \nu \cdot \rho$$

2) TIHEYS, määritetään öljyn tiheys, paino tilavuusyksikköä kohti ilmoitetaan 15 °C:ssa.

3) CUKOR3H/100°C, määritetään öljyn aiheuttama kuparikorroosio, pitämällä kuparilevyä kolmen tunnin ajan 100 °C:ssa öljyssä.

4) VESI, määritetään öljyn vesipitoisuus, joka ilmoitetaan pitoisuutena mg/kg.

5) XRF-S, määritetään öljyn rikkipitoisuus, joka ilmoitetaan pitoisuutena mg/kg.

6) Läpilyöntilujuus, määritetään öljyn ominaisuudet eristeenä sähköön suhteen, ilmoitetaan kilovoltteina (kV).

6.2 Analysointimenetelmät

Analysointimenetelmät ovat standardoituja ja niistä löytyvät Neste Oilin sisäiset OQD-ohjeet.

6.2.1 VISKO40°C ja VISKO100°C ENISO3104 -menetelmällä

Neste Oilin Porvoon jalostamon laboratorio ilmoittaa viskositeetit kinemaattisena, jonka yksikkö on SI-järjestelmän (Système international d'unités) mukaan neliömillimetriä sekunnissa, mm²/s. Pumppuvalmistaja on antanut viskositeettirajat myös kinemaattisena, mutta yksikkö on CGS-järjestelmän (cent, gram, second) mukaan senttistoki, cSt. Nämä ovat suoraan verrannollisia, eli 1 mm²/s on 1 cSt. Dynaaminen viskositeetti saadaan kertomalla kinemaattinen viskositeetti tiheydellä.

Seuraavana esimerkki 7.10.2013 otetusta KAKTKLCF-näytteestä, jonka viskositeetti 40°C:ssa oli 25,19 mm²/s. Tämä muutetaan ensin SI-järjestelmän mukaiseksi yksiköksi 25,19·10⁻⁶ m²/s ja kerrotaan sen hetkiselällä tiheydellä.

$$\text{Dynaaminen viskositeetti} = 25,19 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 925,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,02332 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}}$$

1 $\frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}}$ on 10 poisia, [P] ja 10 poisia ja 1000 senttipoisia, [cP], näin edellä saatu tulos kerrotaan tuhannella ja tulokseksi saadaan 23,32 cP. Näin saadaan yksiköt samaksi, jotka pumppuvalmistajan edustaja on ilmoittanut ja tuloksia on helpompi vertailla.

Kinemaattinen viskositeetti ν on nesteen virtausvastus painovoiman vaikutuksessa. Tietyn tilavuuden omaavan nestemäärän virtausaika on suoraan verrannollinen kinemaattiseen viskositeettiin. Dynaaminen viskositeetti μ on nesteen leikkausvoiman ja leikkaus-nopeuden suhde. [33, s. 2]

Tällä menetelmällä määritetään öljytuotteiden kinemaattinen viskositeetti. Näyte virtaa kalibroidussa viskositeettiputkessa (Cannon Fenske- tai Ubbelohde-viskometri) määrättyssä lämpötilassa määrätyn matkan. Viskositeettiputki on termostoidussa vesi- tai öljyhauteessa. Kulunut aika mitataan ja kertomalla se putkelle määrättyllä kalibrointikerroimella, saadaan viskositeetti. Dynaaminen viskositeetti saadaan kertomalla määritetty kinemaattinen viskositeetti näytteen tiheydellä. [33, s. 2]

Jos näyte on samea, se suodatetaan suodatinpaperin läpi ja jos näyte sisältää kiinteitä partikkeleita, se suodatetaan 200 mesh:n (75µm) seulan läpi. [33, s. 4]

6.2.2 TIHEYD EN ISO 12185 -menetelmällä

Tiheys on näytteen paino tilavuusyksikköä kohti annetussa lämpötilassa. Suhteellinen tiheys on näytteen tiheys mittaustilassa jaettuna veden tiheydellä mittaustilassa. Tällä menetelmällä määritetään öljytuotteiden tiheys bensiiniä, petrolia, keskitihteitä, perusöljyä ja voiteluaineita joko 15 °C tai 20 °C lämpötilassa ja raskaat polttoöljyt ja bitumituotteet 50 °C, 60 °C tai 90 °C lämpötilassa. Tiheydet ilmoitetaan yleensä 15 °C:ssa muuttamalla tulos tähän lämpötilaan. [34, s. 2]

Tiheys mitataan digitaalisella tiheysmittarilla, esimerkiksi Anton Paar DMA 38, DMA 45, DMA 46, DMA 48, DMA 4500, DMA 4500 M tai kenttäkoelaite DMA 35 N ja se perustuu näyteputken värähtelytaajuuden muutokseen suhteessa putken massaan, mittausalue on 600–1100 kg/m³. [34, s. 2]

6.2.3 CUKOR3H/100°C EN ISO 2160 -menetelmällä

Rikkiyhdisteet öljytuotteissa lisäävät öljyn korroosiota aiheuttavaa vaikutusta. Tällä menetelmällä määritetään bensiinien, petrolien, liuottimien, dieselöljyjen, kevyiden polttoöljyjen ja voiteluaineiden aiheuttama kuparikorroosio. Tutkittavan tuotteen höyrynpaine ei saa ylittää 18 psi (124 kPa) määrityslämpötilassa. [35, s. 2]

Menetelmällä arvioidaan öljytuotteissa olevien rikkiyhdisteiden korrodoivaa vaikutusta upottamalla kiillotettu kuparilevy öljynäytteeseen. Levyä pidetään näytteessä määrätty aika (3 tuntia) määrättyssä lämpötilassa (100 °C). Lopussa pestyä kuparilevyä verrataan ASTM kuparikorroosiostandardiin (katso kuva 17) ja korroosioaste määritetään kuparilevyä lähinnä muistuttavan ASTM korroosiostandardin mukaan. Mikäli kuparilevy näyttää olevan rajatapaus kahden ASTM kuparilevystandardin välillä, ilmoitetaan tulos korkeamman numeron mukaan. [35, s. 1]

6.2.4 VESI ASTM C 6304 C -menetelmällä

Analyysi tehdään ASTM D 6304 C -menetelmällä ja sillä määritetään kirkkaiden öljytuotteiden, kuten bensiinien, petrolien, liuottimien, dieselöljyjen, kevyiden polttoöljyjen, voiteluöljyjen, perusöljyjen ja nestekaasujen vesipitoisuus. Menetelmä perustuu kulometriseen Karl-Fischer titraukseen ja standardin mukainen määritysalue on 30-1000 mg/kg. [36, s. 2]

Näytteestä haihdutettu vesi johdetaan automaattisella näytteensyöttäjä/uuni –laitteella typpikaasun avulla titrausastiaan, jossa kulometrinen Karl-Fisher titraus tapahtuu. [36, s. 2]

6.2.5 Rikki, XRF-S EN ISO 8754 ja EN ISO 20846 -menetelmällä

Menetelmillä määritetään rikkipitoisuus öljytuotteista. EN ISO 8754 -menetelmässä käytetään EDXRF tekniikkaa ja mittaus perustuu röntgenfluoresenssiin. Energiadisersiivisiä röntgenanalysaattoreita (EDXRF) on erilaisia. Uudemmissa (tai tehokkaammilla) laitteilla voidaan tyypillisesti mitata paljon pienempiä pitoisuuksia kuin vanhemmilla laitteilla. Röntgenlähteestä tuleva säteily osuu näytteeseen ja herättää siinä fluoresenssisäteilyä. Laitteessa oleva verrannollisuuslaskuri mittaa rikin aiheuttaman säteilyn ja laite ilmoittaa tuloksen painoprosentteina (wt-%) tunnettuihin referensseihin verraten. [37, s. 3]

EN ISO 20846 -menetelmällä määritetään kokonaisrikki öljytuotteista, joiden kiehumisalue on 25–400 °C ja viskositeetti välillä 0,2–20 mm²/s huoneenlämmössä. Näyte injektoidaan polttoputkeen, jossa se hapetetaan korkeassa lämpötilassa ja happiatmosfäärissä rikkidioksidiksi. UV-valossa virittyneeksi muuttuneen rikkidioksidin fluoresenssi mitataan fotomonistinputkella. Menetelmä sopii öljytuotteille, joiden kokonaisrikkipitoisuus on 1,0–8000 mg/kg ja joiden halogeenipitoisuus on alle 0,35 wt-%. [38, s. 2]

Öljynäyte injektoidaan suoraan korkean lämpötilan omaavaan polttoputkeen, jossa näytteen sisältämä rikki hapetetaan rikkidioksidiksi happirikkaassa atmosfäärissä. Näytteen poltossa muodostuva vesihöyry poistetaan ja polttokaasut johdetaan UV-lampulle. Rikkidioksidi absorboi energiaa UV-valosta ja muuttuu virittyneeksi rikkidioksidiksi (SO₂). Fluoresenssi, joka säteilee virittyneestä SO₂:sta, kun se palaa stabiiliin muotoonsa, mitataan fotomonistinputkella ja mitattu signaali on näytteen rikkimäärä. [38, s. 2]

6.2.6 Läpilyöntilujuus IEC 156-63 -menetelmällä

IEC -menetelmän standardit: Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale I, Rue Varembe CH – Genève. BAUR:in valmistama laite, jolla suoritetaan automaattisesti dielektrisen (läpilyöntilujuus) lujuuden mittaustoimintoja. Muuntaja tuottaa astiassa olevaan näytteeseen suurjännitettä, jonka nousunopeus voidaan itse säätää välillä 0,5 kV/s ja 5 kV/s. Käynnistettäessä laite suurjännite kasvaa vähitellen, kunnes astiassa olevien elektrodien välillä läpilyönti tapahtuu tai loppuarvo saavutetaan. [63, s 1]

Mikäli öljynäyte sisältää paljonkin kosteutta, jännite lyö läpi helposti, eli jännitelukema jää pieneksi. Öljynäytteen ollessa hyvin kuivaa veden suhteen, saadaan korkeampi jännitelukema.

7 Analyysien tulokset

Työssä suoritetaan analysointijakso selvitykseen valituille öljyille ja näytetulosten perusteella arvioidaan analysoitavien öljyjen soveltuvuutta tiivisteöljyksi. Lisäksi tulokset lähetetään pumpputoimittajan edustajalle kommentoitavaksi ja he antavat oman suosituksensa, kannattaako pitäytyä nykyisessä vai löytyykö potentiaalinen tiivisteöljy kierrätyspumppuille selvityksessä olevista öljyistä.

7.1 Tulokset

Analyysien tulokset kirjataan Oiliin (Neste Oilin käyttämä laboratoriojärjestelmä) Porvoon jalostamon laboratoriohenkilökunnan toimesta. Sieltä tulokset kerätään ja taulukoidaan.

7.1.1 KAKTKLCF

KAKTKLCF-näytteitä vietiin kahdeksan viikon aikana aina maanantai aamuisin. Analysejä on hyvä tehdä pitemmällä aikavälillä, jolloin nähdään minkä verran öljyn laatu vaihtelee ja pysyykö tulokset laatuvaatimusten puitteissa. Tulokset on kerätty taulukoon 6 ja niitä verrataan edellä esitettyihin tiivisteöljyn laatuvaatimuksiin.

Taulukosta 6 nähdään KAKTKLCF:n dynaamisen viskositeetin olevan 40 °C:ssa laatuvaatimukset täyttävä ja 100 °C:ssa minimirajoilla. Tiheys on melko lähellä laatuvaatimusta ja pienellä tiheyden ylityksellä ei ole huonontavaa vaikutusta. Kuparikorroosio tulokset ovat erittäin hyviä, yksi huonompi tulos mahtuu joukkoon, mutta tulos voi hyvinkin johtua laboratorion virheestä analyysissä tai tulosta merkattaessa, sillä mitään tähän tulokseen viittaavaa ei ole ilmennyt. Mikäli huonompi tulos olisi luotettava, niin kahdeksan viikon aikana yhtä tulosta lukuun ottamatta kaikki tulokset ovat erinomaisia, jolloin yhdellä hieman huonommalla tuloksella ei ole niin suurta vaikutusta.

Vesipitoisuus on alhainen ja tämä on myös nähtävissä läpilyöntilujuustuloksissa, jotka ovat erinomaiset. Vakuumitislauksessa tislataan alipaineessa ja tällöin kosteus ei kykene juurikaan sitoutumaan öljyyn ja se poistuu alempaan paineeseen ylimenon kautta. Rikkipitoisuus on melko korkea, mutta tulos painoprosentteina laatuvaatimuksiin verrattuna on suositellun rajan ($<0,35$ wt-%) tuntumassa ja näin ollen hyväksyttävä. Maksimi rikkipitoisuus on 1 wt-% ja siitä jäädään hyvin kauas.

Taulukko 6. KAKTKLCF analyysien tulokset. [5]

Salainen tieto

LCF:n katalyyttisekvenssin aikana KAKTKLCF:n määrä vaihtelee. Kun sekvenssiä ei ole, niin määrä pysyy melko vakiona.

7.1.2 KAKTRLCF

KAKTRLCF näytteitä vietiin samalla syklillä kuin KAKTKLCF näytteitä. Tulokset kerättiin Oilista taulukkoon 7 ja niitä verrataan edellä esitettyihin tiivisteöljyn laatuvaatimuksiin.

Taulukosta 7 nähdään KAKTRLCF:n dynaamisen viskositeetin olevan 40 °C :ssa hyvin viskoosia tavaraa ja 100 °C :ssa vielä maksimirajoilla. Operointilämpötila kierrätyspumpeilla on noin 80 °C tienoilla, jolloin viskositeetti hieman laskee eli paranee. Tiheys on melko lähellä laatuvaatimusta ja pienellä tiheyden ylityksellä ei ole vaikutusta öljyltä vaadittavaan laatuun. Kuparikorroosio tulokset ovat erittäin hyviä.

Vesipitoisuus on hyvin alhainen ja tämä on nähtävissä läpilyöntilujuustuloksissa, jotka ovat erinomaiset. VAC-yksikössä tislataan alipaineessa, jolloin kosteus ei juuri kykene

sitoutumaan öljyyn ja suurin osa siitä poistuu ylimenon kautta. Tämän huomaa myös tuloksista, joissa alempaa tislaukskolonnista ulos otettavassa KAKTR:ssa on vähemmän kosteutta kuin ylempää otettavassa KAKTK:ssa. Ero on hyvin pieni, mutta se on huomattavissa tuloksista. Rikkipitoisuus on sinänsä melko korkea, mutta kun katsotaan tulosta painoprosentteina ja verrataan sitä laatuvaatimuksissa esitettyyn suositusarvoon, niin nähdään rikkipitoisuuden olevan rajoilla tai hieman sen yli. Rikkipitoisuudessa jäädään kuitenkin kauas asetetusta maksimiarvosta.

Taulukko 7. KAKTRLCF analyysien tulokset. [5]

Salainen tieto

LCF:n katalyytti sekvenssin aikana KAKTRLCF:n määrä vaihtelee. Kun sekvenssiä ei ole, niin määrä pysyy vakiona. Osa KAKTRLCF:stä käytetään katalyytin siirtoöljynä, joten sen määrä heittelee sekvenssin aikana, katalyytin siirtoon otettava öljy palautuu takaisin ja sen takia määrä kasvaa välillä. Katalyytin lisäyksen aikana KAKTRLCF kulkeutuu katalyytin mukana reaktoriin, jossa sille ei juuri tapahdu krakkaantumista ja sen ominaisuudet ei näin ollen muutu. KAKTRLCF palautuu takaisin VAC-yksikköön samanlaatuisena myös katalyytin ulosvedon aikana, koska siirtoöljy johdetaan suoraan erottimelle FA-71005, josta se kulkeutuu ATM-yksikön kautta VAC-yksikköön.

7.1.3 ÖPMHCZ

ÖPMHCZ näytteitä vietiin samalla syklillä kuin muutkin näytteet kahdeksan viikon ajan. Tulokset kerättiin Oilista taulukkoon 8 ja niitä verrataan edellä esitettyihin tiivisteöljyn laatuvaatimuksiin.

Taulukosta 8 nähdään ÖPMHCZ:n olevan dynaamiselta viskositeetiltaan 40 °C:ssa ja 100 °C:ssa tiivisteöljyn laatuvaatimukset täyttävä öljy, joskin tulokset ovat alle suositusten. Jostain syystä päivämäärillä 11.11.2013 ja 25.11.2013 on 40 °C:n viskositeetti todella korkea verrattuna muihin. Myös 100 °C viskositeetti on hieman korkeampi, kuin muut, mutta ei niin selvästi erottuva. Tiheys on laatuvaatimukset täyttävä. Kuparikorroosio tulokset ovat hyväksyttäviä ja joukkoon mahtuu myös yksi suositeltu tulos.

Vesipitoisuus on melko korkea ja tämäkin on nähtävissä läpilyöntilujuustuloksissa, jotka ovat liian matalia. Yksi tuloksista menee jopa alle pumppuvalmistajan toimittaman minimiraja vaatimuksen (>10 kV) ja kaikki tulokset ovat alle Neste Oilin asettaman minimirajan (>40 kV). MHC:n jakotislauskolonni on paineen puolella ja tällöin vesi sitoutuu öljyyn herkemmin myös kolonnin alaosassa, jossa on kuumempaa kuin yläosassa. Rikkipitoisuus on olematon, koska öljy on käynyt rikinpoistoreaktorissa ja se on samalla toiselle vaiheelle vaadittavaa lähes rikitöntä syöttöä.

Taulukko 8. ÖPMHCZ analyysien tulokset. [5]

Salainen tieto

ÖPMHCZ määrä on riippuvainen MHC toisen vaiheen reaktorin lämpötilasta, mutta sen laatu pysyy melko samana, vaikka määrä voikin vaihdella.

7.1.4 KAVHZ

KAVHZ näytteitä vietiin seitsämän viikon ajan. Tulokset kerättiin Oilista taulukkoon 9 ja niitä verrataan edellä esitettyihin tiivisteöljyn laatuvaatimuksiin..

Taulukosta 9 nähdään KAVHZ:n olevan dynaamiselta viskositeetiltaan 40 °C:ssa ja 100 °C:ssa aivan liian juoksevaa öljyä. Kuten aiemmin on todettu, niin jos VHVI kaasuoilyä käytetään kierrätyspumpuilla tiivisteöljynä, täytyy pumpun kierrosten ylärajaksi asettaa 1400 r/min. Viskositeetti on parempi, kun ajotavan mukaan kaasuoilyyn laatu on eri. Tiheyskin on hiukan alle laatuvaatimusten, mutta niin lähellä alarajaa, ettei käyttö aiheuttaisi ongelmia. Kuparikorroosio tulokset ovat yllättävän huonoja, mutta ne ovat hyväksyttävissä ja joukkoon mahtuu myös yksi suositeltava hyvä tulos.

Vesipitoisuus on olematon ja tämä onkin nähtävissä erinomaisissa läpilyöntilujuustuloksissa. Rikkipitoisuus on vielä pienempi kuin MHC:n pohjaöljyssä ja voidaankin puhua rikittömästä tuotteesta.

Taulukko 9. KAVHZ analyysien tulokset. [5]

Salainen tieto

KAVHZ ei ole niin arvokasta kuin PROVHZ, joten tiivisteöljyn vaihdolla KAVHZ:sta PROVHZ:iin ei saavuteta niin suurta taloudellista hyötyä.

7.1.5 OSBLKARH

OSBLKAR:ia vietiin ainoastaan yksi näyte päivämäärällä 5.11.2013 ja tulokset kerättiin taulukkoon 10 ja niitä verrataan edellä esitettyihin laatuvaatimuksiin. Tätä öljyä ei otettu mukaan selvitykseen, mutta se on suunnitteluperusteissa alas- ja ylösajoissa tiivisteöljynä ja tästä syystä halusin otattaa siitä yhden näytteen, jotta nähdään sen laatu ja mahdollinen soveltuvuus kierrätyspumppujen tiivisteöljyksi.

Taulukosta 10 nähdään OSBLKARH:n olevan dynaamiselta viskositeetiltaan 40 °C:ssa melko viskoosia, mutta 100 °C:ssa suositeltavan hyvää. Täytyy ottaa huomioon, että kierrätyspumppulla lämpötila on noin 80 °C, joten siinä lämpötilassa OSBLKARH on viskositeetiltaan laadukasta tiivisteöljyä. Tiheys on laatuvaatimusten rajoissa ja kupari-korroosion tulos on todella hyvä.

Vesipitoisuus on hiukan korkea ja tämä näkyy läpilyöntilujuustuloksessa, joka on alle Neste Oilin asettaman minimirajan, mutta silti tulos on selkeästi yli pumpputoimittajan ilmoittaman minimirajan. OSBLKARH:n voidaan todeta olevan rikitöntä.

Taulukko 10. OSBLKARH analyysien tulokset. [5]

Salainen tieto

8 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

8.1 Tiivisteöljyjen hintavertailu

Työn yhtenä tarkoituksena oli tehdä vertailu tiivisteöljyjen kustannuksista ja nähdä millä vaihdolla saavutetaan suurin säästö vuositasolla. Kustannukset ovat laskettu vuosikulutuksen mukaan ja öljyjen hinta vaihtelee päivittäin.

Työssä lasketut vuosikustannukset on kerätty taulukkoon 11 ja laskennassa käytetyt hinnat ovat päivämäärän 19.12.2013 marginaalin mukaisia

Taulukko 11. Tiivisteöljyjen vuosikustannukset.

Salainen tieto

Taulukosta 11 nähdään, että suurin hintaero on KAKTRLCF:n ja PROVHZ:n välille, mutta käytettäessä KAKTRLCF:ää tiivisteöljynä, tulee myös KAKTKLCF siihen mukaan putkilinjauksista johtuen. Normaaliajossa niiden suhde on noin puolet kumpaakin. Tällä tavalla tarkasteltuna suurin taloudellinen hyöty saadaan valitsemalla KAKTKLCF ja KAKTRLCF yhdistetty jae verrattuna tämän hetkiseen tiivisteöljyyn PROVHZ. Vuosikustannukset on laskettu sillä edellytyksellä, että kierrätyspumpuille syötettävä tiivisteöljy ei ole pois MHC:n syötöstä, vaan se kulkeutuu jossain muodossa MHC:n syötöksi sekä suurin osa takaisin tiivisteöljyksi kierrätyspumpuille.

Neste Jacobsilla työskentelevän Martti Ruskoahon kanssa käydyn sähköpostikeskustelun perusteella KAKTKLCF+KAKTRLCF-jakeelle tapahtuu kyseessä olevassa kierrätyksessä LCF-reaktoreissa jonkin tasoista uudelleenkrakkausta, ainakin parafiinisten komponenttien pilkkoutumista ja hydrausta sekä hydrausta näiden lisäksi aromaattisille yhdisteille. [27]

Neste Jacobsilla työskentelevä Antti Pyhälähti on kehittänyt yksityiskohtaista LCF-reaktoreiden mallinnusta lukuisine kemiallisine reaktioineen. LCF-reaktoreiden mallinnuksen avulla saadaan tarkempaa tietoa reaktoreissa tapahtuvista öljyn ja kaasun liikkeistä sekä siellä tapahtuvista reaktioista. Tässä työssä ei syvennytä tarkemmin LCF-reaktoreiden yksityiskohtaiseen mallinnukseen. Todetaan vain Antti Pyhälähden mallintaneen tämän jakeen syötön LCF-reaktoriin ja malli ennustaa, että alle 10% syötetystä KAKTKLCF+KAKTRLCF-jakeesta krakkautuu siten, että se ei ole enää kaasuöljyjaetta. Samalla hän sanoi tiivisteöljykulutuksen olevan niin pieni, että sen vaikutuksen näkeminen on todellisuudessa erittäin vaikeaa. Vaikka jakeet osittain krakkautuisivat ke-

veämmiksi, ne joka tapauksessa johdetaan MHC:n syöttöön, joko VAC- tai ATM-yksiköstä. [40]

8.2 Tiivisteöljyjen ominaisuuksien vertailu

Pumppuvalmistaja on toimittanut kierrätyspumpuille syötettävän tiivisteöljyn laatuvaatimukset ja se ne on esitetty uudestaan taulukossa 12.

Taulukko 12. Pumpputoimittajan asettamat vaatimukset tiivisteöljylle. [17, s. 13, muokattu]

Salainen tieto

Taulukkoon 13 on kerätty kaikkien selvityksessä mukana olevien tiivisteöljyjen tulokset ja nämä näytteet on otettu 28.10.2013. Vertailtaessa selvityksessä mukana olleita öljyjä keskenään, vertaillaan niiden ominaisuuksia, jolloin nähdään laadultaan parhain vaihtoehto tiivisteöljyksi. Näin voidaan tehdä vertailua tiivisteöljyjen välillä ja sekä vertailua laatuvaatimuksiin.

Taulukko 13. Selvityksessä olevien tiivisteöljyjen ominaisuudet pvm. 28.10.2013. [5]

Salainen tieto

8.2.1 KAKTKLCF & KAKTRLCF

KAKTKLCF ja KAKTRLCF analyysien tuloksia tarkasteltaessa huomionarvoista on se, että tulokset näistä jakeista on erikseen, mutta käytettäessä niitä tiivisteöljynä ne ovat yhdistettynä jakeena. KAKTK:n viskositeetti on huomattavasti matalampi kuin KAKTR:n ja näin yhdistetty viskositeetti on myös alempi. Tuotannon suunnittelulta saadun reseptien laskenta ohjelman avulla voi laskea yhdistettyjen jakeiden viskositeetit eri lämpötiloissa. Tämän avulla kokeiltuna yhdistetyn jakeen viskositeetti on operointilämpötilassa 80 °C laatuvaatimukset täyttävä ja näin ollen hyvä. Kaikilta muilta ominaisuuksiltaan nämä jakeet vaikuttavat tulosten perusteella olevan kierrätyspumppujen tiivisteöljyksi kelpaavaa öljyä.

Näiden kahden jakeen käyttöönotto vaatisi melko vähän toimenpiteitä, koska putkilinjat ovat valmiina tiivisteöljyjärjestelmään. Yhdistetty jae jäähdytetään lämmönsiirtimessä jäähdytysvedellä 60 °C:een ennen säiliöön johtamista. Tässä tapauksessa tiivisteöljy-kuivainta ei kuitenkaan tarvittaisi, koska sekä KAKTK että KAKTR ovat kuivaimeen tullessaan jo melko kuivaa. Näin ollen onkin kyseenalaista, että pystyykö öljyä kuivamaan laitteella, joka sijaitsee ulkona ja jonka tiiveystaso on erittäin heikko. Kuivaaminen vaatisi stabiilimmat olosuhteet ja vaikka kuivaimen ympärille on rakenneltu eristeistä seiniä, on niiden kanssa ollut ongelmia ja ne ovat pahasti edessä, kun kuivainta operoidaan kentältä käsin.

Läpilyöntilujuustuloksia tarkasteltaessa en näe mitään syytä käyttää KAKTK:lle ja KAKTR:lle kuivainta, koska tulokset ovat niin paljon yli Neste Oilin asettaman minimirajan. Kaiken lisäksi aiempien kokemusten perusteella kuivaimen heikosta tiiveystasosta tai muusta syystä johtuen kuivattavan öljyn kosteuspitoisuus jopa kasvaa kuivaimen läpi mentyään. Epäpuhtauksia tai partikkeleita selvityksessä mukana olleista öljyistä ei analysoitu, koska näytteet olivat liian tummia ja kiinteitä laboratorion laitteille, mutta läpilyöntilujuustulosten perusteella niitä ei juuri ole.

Yksi vaihtoehto olisi purkaa kuivain pois ja asentaa tilalle suodatin tai samantyyppinen kuivainmateriaalilla varustettu rumpu. Suodattimia pitäisi olla kaksi kappaletta, toisen mennessä tukkoon voidaan toinen suodatin ottaa linjaan. Suodattimen tukkeuduttua se voidaan joko vaihtaa puhtaaseen tai puhdistaa huuhtelemalla vastavirtaperiaatteella maanalaiseen keräilyjärjestelmään. Kuitenkin KAKTK:n ja KAKTR:n sekaan voi päästä vettä esimerkiksi ennen kuivainta olevasta jäähdytysvesilämmönsiirtimestä tuubirikon

takia. Tosin tällöin voitaisiin myös heti vaihtaa varalla oleva VHVI:n prosessiöljy tiivisteöljyksi, kunnes lämmönsiirrin on korjattu.

Vaihtoehtoista tiivisteöljyä voi vain analyysitulosten perusteella arvioida ja sekä KAKTK:n ja KAKTR:n tulosten perusteella voidaan todeta, ettei niissä ole käytettävyyseriskiä käytettäessä niitä tiivisteöljynä kierrätyspumppuilla ja vaihdosta saatava taloudellinen hyöty on merkittävä. Vaihdon myötä tuskin olisi ylimääräisiä pysäytyksiä ja kierrätyspumppujen huoltoväli voitaisiin pitää edelleen viidessä vuodessa.

Jos kierrätyspumppujen tiivisteöljyksi vaihdetaan yhdistetty KAKTK+KAKTR-jae, on otettava huomioon häiriötilanteet, jolloin näiden jakeiden laatu heikkenee huomattavasti lyhyellä aikavälillä. Tästä syystä tiivisteöljysäiliön pintaa täytyy operoida normaalisti mahdollisimman korkealla (noin 80 %), jotta jää aikaa vaihtaa varalla oleva tiivisteöljy kierrätyspumppuille. Normaalikulutuksella tiivisteöljysäiliön pinta laskee hitaasti, joten säiliön pinnan ollessa korkealla, vaihtoon jää runsaasti aikaa. Tässä tapauksessa varajärjestelmäksi kannattaa ottaa tällä hetkellä käytössä oleva VHVI prosessiöljy, koska putkilinjat ovat valmiina ja käyttöönotto ei vie kauaa aikaa. Tämän lisäksi prosessiöljy on huippulaadukasta.

8.2.2 ÖPMHCZ

ÖPMHCZ:ssa on tulosten valossa liikaa kosteutta ja jos tätä öljyä käytetään kierrätyspumppujen tiivisteöljynä, täytyy sitä kuivata tai suodattaa. Korkea kosteuspitoisuus näkyy myös läpilyöntilujuuksissa, jotka ovat todella matalia. Osasyys voi olla myös partikkelit ja epäpuhtaudet. Tässä työssä ei lähdetä kokeilemaan kuivaimen toimivuutta, mutta mikäli päätetään koeajaa kuivainta, niin siinä kannattaa käyttää myös ÖPMHCZ:tä, joka sisältää enemmän kosteutta kuin tyhjötislauksen jakeet. ÖPMHCZ on suunnitteluperusteissa tiivisteöljyn lisäöljynä, mutta johtuen kuivaimen luotettavuusvajeesta, ehdotan, että sitä ei käytetä kierrätyspumppujen tiivisteöljynä, ennen kuin kuivain todetaan käyttövarmaksi tai asennetaan kuivaimen tilalle esimerkiksi suodattimet tai löydetään joku muu toimiva ratkaisu.

Häiriötilanteissa myös ÖPMHCZ:n laatu heikkenee huomattavasti, eikä sitä silloin voi käyttää tiivisteöljynä. Jos ÖPMHCZ:n kosteuspitoisuus saataisiin alemmaksi, voitaisiin sitä myös ajaa lisäsyöttönä matalan rikkipitoisuuden vuoksi. Myös tällöin varajärjestelmänä pidetään VHVI prosessiöljy. ÖPMHCZ:n käytöstä saatava taloudellinen hyöty on

melko lailla sama kuin KAKTKLCF:n ja KAKTRLCF:n käytöstä aiheutuva, todella merkittävä.

8.2.3 KAVHZ

KAVHZ:n tulosten perusteella sekä NB3XXX että NB3XXX laatujen viskositeetit ovat erittäin matalat. Aikaisemmin onkin pumpputoimittajan toimesta kommentoitu, että mikäli KAVHZ:ta käytettäisiin tiivisteöljynä, täytyy kierrätyspumppujen pyörimisnopeuden ylärajaksi asettaa 1400 r/min. Tämä ei ole ongelma, koska normaalioperoinnilla kierrosnopeudet ovat alueella 1050-1150 r/min.

Tiivisteöljyn vaihtoehdotus PROVHZ:sta KAVHZ:iin tuli VHVI-yksikön käyttöhenkilökunnalta ja tämä tilanne olisi vain tietyllä ajotavalla. Tällöin KAVHZ:n varastolinjasta täytyisi tehdä putkilinja PÖY:lle tulevaan PROVHZ linjaan ja suorittaa vaihto. Muilta ominaisuuksiltaan KAVHZ on hyvälaatuista tiivisteöljyä kierrätyspumppuille. Tällä vaihdolla ei saavuteta niin suurta taloudellista hyötyä, kuin vaihdolla PÖY:n tisleisiin, mutta säästöä kertyisi prosessiöljyn ollessa arvokkaampaa ja hyödyllisempää.

8.2.4 OSBLKARH

OSBLKARH on suunnitteluperusteissa alasajossa ja käynnistyksessä tiivisteöljynä. Tuloksia tarkasteltaessa voi todeta vesipitoisuuden olevan korkea, partikkeleita on todennäköisesti vähemmän, koska läpilyöntilujuus on parempi kuin ÖPMHCZ:llä. Yhden näytteen perusteella ei voi tehdä ratkaisevia johtopäätöksiä, mutta kaikilta osin OSBLKARH on hyvälaatuista tiivisteöljyä.

ÖPMHCZ:tä ajetaan FCC:lle menevään syöttölinjaan ja tilanteesta riippuen voi olla, että FCC ei otakaan sitä, vaan virtaussuunta on OSBLKARH kalliosäiliöön U-12. MHC ottaa lisäsyöttönä U-12:sta OSBLKARH-jaetta ja mikäli tällöin otettaisiin sitä myös kierrätyspumppujen tiivisteöljyksi, niin se olisi MHC:n pohjaöljyä, joka täytyy kuivata. OSBLKARH on alas- ja ylösajo tilanteisiin suunniteltu tiivisteöljy, mutta koska VHVI prosessiöljy on mahdollista pitää näissä tilanteissa tiivisteöljynä, kannattaa se niin myös tehdä. OSBLKARH:n käyttö tiivisteöljynä sisältää kuitenkin riskin, eikä alas- ja ylösajot vie aikaa niin kauaa, että vaihdolla saavutettaisiin suurta taloudellista hyötyä.

verrattuna sen käytettävyyssriskiin. Ehdotuksena on, että tämä jae jätetään pois tiivisteöljyvaihtoehtoista.

8.2.5 PROVHZ

Yksi vaihtoehto on pitäytyä nykyisessä tiivisteöljyssä, joka on VHVI prosessiöljy PROVHZ. Nyt käytössä oleva PROVHZ on väliaikainen ratkaisu ja mikäli päätetään pitäytyä tässä, tulee siitä pysyvä ratkaisu. Tällöin tiivisteöljysäiliön FA-71026 pinnansäätö tulee ottaa käyttöön ja jotta se onnistuu ilman ongelmia VHVI-yksikön päässä, täytyy tehdä muutoksia. Nykyisin tiivisteöljysäiliön täyttö hoituu siten, että VHVI:n kenttäoperaattori käy sulkemassa käsiventtiilin PROVHZ:n varastoonmenolinjasta ja samalla avaa käsiventtiilin PÖY:lle tulevaan linjaan. Aiemmin yritettiin FA-71026:n pinnansäätöä pitää automaattilla siinä kuitenkin onnistumatta, koska PROVHZ:n varastolinjan paine laski liian alas ja kaikki kääntyi PÖY:lle ja prosessiöljyn kulku varastoon lakasi, joka aiheutti ylimääräistä ja turhaa työtä muille toimijoille.

PROVHZ:n varastolinjaan täytyy sijoittaa paineensäädin, jonka tehtävä on pitää paine linjassa. Kun PÖY:lle otetaan tiivisteöljyä, paine laskee varastolinjassa ja paineensäädin menee kiinnipäin pitäen paineen asetuksen mukaisena. PROVHZ:n käytössä ei ole käytettävyyssriskiä, vaan prosessiöljy pitää kierrätyspumpun hämmästyttävän hyväkuntoisena. Pohdintaa on ollut, voisiko kierrätyspumppujen huoltoväliä pidentää esimerkiksi kuuteen tai jopa kahdeksaan vuoteen, jos päädytään pitäytymään prosessiöljyssä.

Työn tulosten perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että selvityksessä mukana olleista öljyistä merkittävimmän taloudellisen hyödyn ja matalan käytettävyyssriskin ansiosta paras vaihtoehto LCF-reaktoreiden kierrätyspumppuille tiivisteöljyksi olisi KAKTKLCF+KAKTRLCF-jae sellaisenaan. Lisäsyöttönä voidaan käyttää MHC:n pohjaöljyä, mutta se täytyy ensin kuivata tai suodattaa. MHC:n pohjaöljy on lähes rikitöntä ja KAKTK+KAKTR-jakeilla on hieman korkeahko rikkiipitoisuus, joskin suositellun rajoissa, joten yhteiskäyttö takaisi matalamman rikkiipitoisuuden.

9 Yhteenveto

Työssä tutkittiin laatuvaatimukset täyttävää tiivisteöljyä LCF-reaktoreiden kierrätyspumpuille, jonka käyttäminen on taloudellisesti kannattavampaa, kuin käytössä oleva VHVI-yksikön prosessiöljy. Tulokset osoittivat taloudellisesti kannattavimmaksi vaihtoehdoksi yhdistetyn KAKTK+KAKTR-jakeen, jotka ovat laadultaankin tiivisteöljyksi kelpavia. Näitä voidaan käyttää kierrätyspumpun tiivisteöljynä sellaisenaan ja käyttöä varten on valmiina TL4:n rakentamisen aikaiset laitteet ja putkilinjat, joten käyttöönotto ei tuo lisäkustannuksia. Selvittämättä jäi tiivisteöljykuivaimen käytettävyyteen liittyvät ongelmat. Työtä voidaan hyödyntää tehdessä päätöstä tiivisteöljyn vaihdosta kierrätyspumpuille. Työhön on kerätty selvityksessä mukana olleiden öljyjen analyyseistä saadut tulokset, joiden avulla päätös voidaan tehdä ja joiden ansiosta päätöksen teko on perusteltua.

Tutkimusta voidaan jatkaa tiivisteöljykuivaimen koeajolla. Tiivisteöljykuivainta tarvitaan, mikäli esimerkiksi KAKTK+KAKTR:n jäähdytysvesilämmönsiirrin EA-73012 vuotaa, jolloin vettä pääsee öljyn sekaan. Koeajon avulla löydetään tiivisteöljykuivaimen heikot kohdat ja ne korjaamalla sekä etsimällä niihin laadultaan parempia ratkaisuja, kuivain saadaan käyttövarmaksi. Kun kuivain on käyttövarma ja se suorittaa sille asetetun tehtävän, voidaan myös korkeamman kosteuspitoisuuden sisältävää ÖPMHCZ:tä käyttää tiivisteöljyn lisäsyöttönä matalan rikkipitoisuutensa ansiosta. Mikäli tiivisteöljyn vaihtoon päädytään, niin pohjaöljy-yksikön alas- ja ylösajoa sekä pitempiä häiriötilanteita varten kannattaa varalla pitää tällä hetkellä käytössä olevaa VHVI-yksikön prosessiöljyä.

Lähteet

- 1 Martti Ruskoaho. 2007. Pohjaöljy-yksikön Käyttökäsikirja. Luku 1 Prosessikuvaus.
- 2 Martti Ruskoaho. 2010. Prosessin yleiskuvaus. OQD-ohje. OQD-5600.
- 3 Potters, Werner. 2013. Product Specialist Ebulators / Expanders, Flow Solutions Group, Etten-Leur, The Netherlands. Sähköpostikeskustelu 15.8.2013.
- 4 TOP-järjestelmä. Neste Oil:n käyttämä prosessimittausjärjestelmä.
- 5 Oili. Neste Oil:n käyttämä laboratoriojärjestelmä.
- 6 Kari Virta. 2005. Säättöjen toimintakuvaus TL4, Pohjaöljy-yksikkö, LCF.
- 7 Jari Gustafsson. 2006. Säättöjen toimintakuvaus TL4, Pohjaöljy-yksikkö, MHC.
- 8 Virta, Jani. 2013. Aluevastaava kone, Neste Oil Oyj, Porvoo. Keskustelu 4.9.2013.
- 9 Joni Kunnas. 2010. HCAT syöttöyksikön operointiohje. OQD-8995.
- 10 Santeri Forstén. 2006. LCF Prosessikemia.
- 11 Pohjaöljy-yksikön käyttökäsikirja. 2006. Luku 8 LCF ja MHC katalyytit ja kemikaalit.
- 12 Simo Emaus. 2005. Neste Oil – LC-Fining reaktoreiden suunnitteluyksityiskohtia.
- 13 Markus Huhtala. 2008. VY2 Prosessikuvaus. OQD-ohje. OQD-5642.
- 14 Simo Emaus. 2006. LCF-reaktoreiden leijutuspumput.
- 15 Silja Anttila. 2013. Katalyyttisen ja termisen aktiivisuuden hallinta monivaiheisessa leijutusreaktorisysteemissä.
- 16 Pohjaöljy-yksikön käyttökäsikirja. 2007. Luku 9 Päälaitteet.

17 CORP., Pump Division. 2005. Installation, operation & maintenance instructions. For 12000-450 PR reactor recycle pump.

18 Porvoon jalostamo. Neste Oil Oyj. Sisäinen asema.

G:_Kunnossapitoosasto_Koneryhma\17_Raportit\TL4\PÖY\Pumput\GA-71001_2_3_S\Valokuvat.

19 Sanna Liimatainen. 2005. LCF reaktoreiden kierrätyspumppujen tiivisteöljyjärjestelmä.

20 Type PR. Reactor ebullating pumps. Presentation hand out.

21 Diesel-hanke yleisesittely. Martti Ronkainen, osastopäällikkö. 2007.

22 Kuntoon perustuva kunnossapito, käsikirja. 2009. Kunnossapitoyhdistys, Promaint.

23 Martti Pulli. 2009. Virtaustekniikka. Vedensiirtojärjestelmien toiminnallinen suunnittelu nykyaikaisin menetelmin.

24 Lennart Kördel ja Jörgen Johnsson. 2004. Moottorinohjaus.

25 Vanthali (sorath) Dist.Junagadh, Gujarat, India.

<<http://jaysanchaniya.blogspot.fi/>>. Luettu 23.11.2013

26 Ebullator diagnostic algorithm. IPS APEX System.

27 Ruskoaho, Martti. 2013. Senior Associate, Neste Jacobs Oy, Porvoo. Sähköpostikeskustelu 3.9.2013.

28 TL4:n reaktoripumppujen tiivisteöljyn kuivainpaketti PA-71004. Laiteohje.

29 Mika Kulin. 2011. Tiivisteöljyn kuivainpaketti PA-71004: Tilannepäivitys. Raportti.

30 Enbäck, Tuomo. 2013. Kunnossapitoteknikko, koneet, Neste Oil Oyj, Porvoo. Sähköpostikeskustelu 28.10.2013.

31 Tarja Karhula. 2009. Perusöljyä valmistavan VHVI-yksikön tuotteiden optimointia. Opinnäytetyö.

32 Tom Virokannas, Pertti Strengell. 2013. Operatiivinen suunnittelija, Neste Oil Oyj, Porvoo. Sähköpostikeskustelu 29.09.2013.

33 Ritva Vuorinen. 2012. Kinemaattinen viskositeetti (ja dynaamisen viskositeetin laskeminen). OQD-2486. Menetelmäohje. Laatujärjestelmä.

34 Liisa Lyytikäinen. 2010. Tiheys digitaalisella tiheysmittarilla. OQD-2503. Menetelmäohje. Laatujärjestelmä.

35 Liisa Lyytikäinen. 2009. Kuparikorroosio. OQD-2349. Menetelmäohje. Laatujärjestelmä.

36 Marja Blom. 2012. Vesipitoisuus öljytuotteista ja rasvoista, kulometrinen Karl Fischer titraus. OQD-2504. Menetelmäohje. Laatujärjestelmä.

37 Pirjo Selin. 2013. Rikkipitoisuus röntgenfluoresenssispektrofotometrillä öljytuotteista. OQD-2500. Menetelmäohje. Laatujärjestelmä.

38 Pirjo Selin. 2012. Rikkipitoisuus öljytuotteista ultraviolettifluoresenssimenetelmällä. OQD-2427. Menetelmäohje. Laatujärjestelmä.

39 IEC-156-63. Käyttöohjeet. BAUR DIELTEST DTS.

40 Pyhälähti, Antti. 2013. Senior Associate, Neste Jacobs Oy, Porvoo. Sähköpostikeskustelu 12.12.2013.

41 Hokka, Mirko. 2013. Käyttöinsinööri, Neste Oil Oyj, Porvoo. Sähköpostikeskustelu 25.11.2013.

Liitteet ovat salaisia.